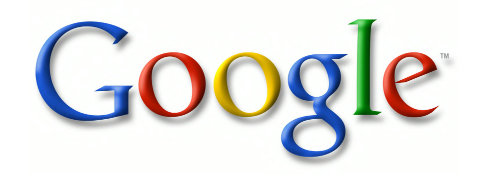


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

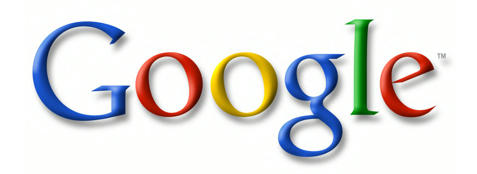
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



GODFREY LOWELL CABOT SCIENCE LIBRARY
of the Harvard College Library

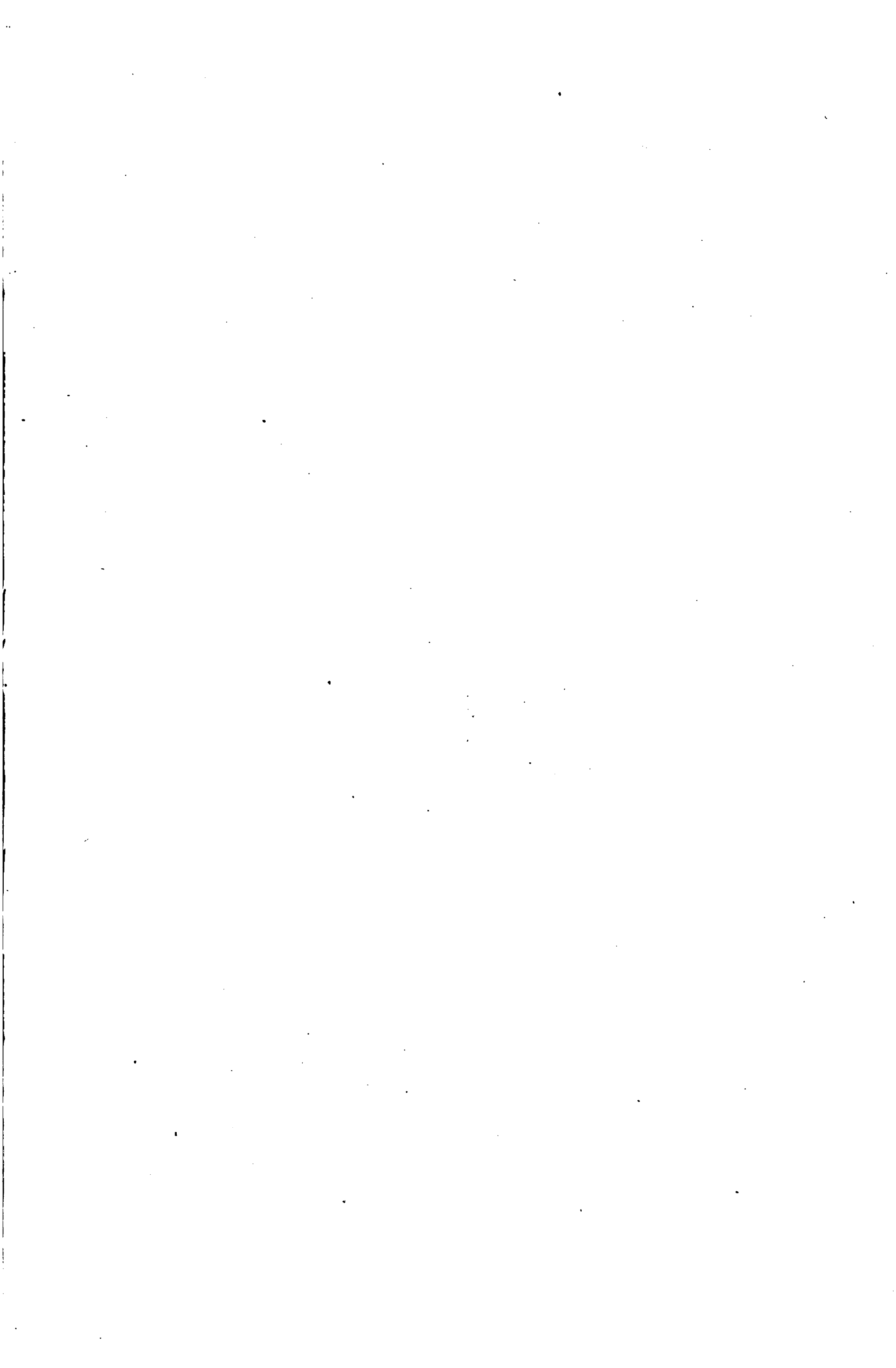
This book is
FRAGILE
and circulates only with permission.
Please handle with care
and consult a staff member
before photocopying.

Thanks for your help in preserving
Harvard's library collections.



1880.


Eng 4
GODFREY



Die neuesten Fortschritte

auf dem

Gebiete der elektrischen Beleuchtung und der Kraftübertragung.

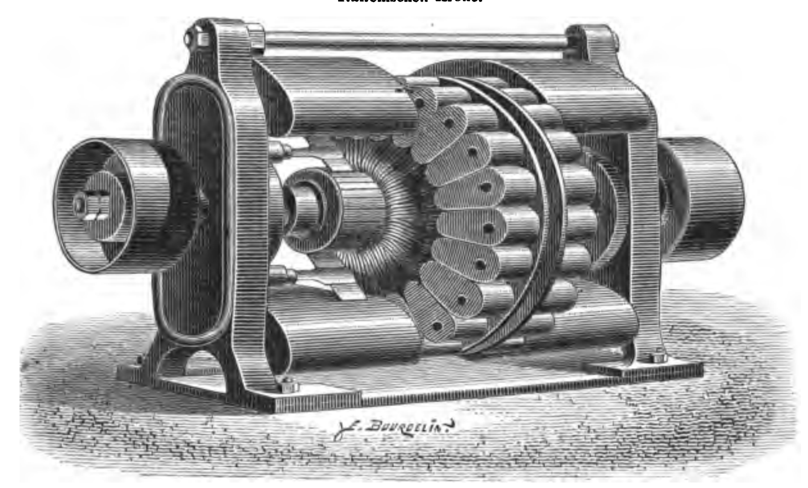
Ein Anhang zu dem Werke desselben Verfassers:

„Die magnet- und dynamo-elektrischen Maschinen u. s. w.“

von

Dr. H. Schellen,

Director der Realschule I. O. zu Köln, Ritter des Rothen Adler-Ordens III. Cl. mit der Schleife, des Russischen St. Annen-Ordens III. Cl., des Oesterreichischen Franz Joseph-Ordens und des Ordens der Italienischen Krone.



Mit 21 dem Texte eingedruckten Holzschnitten.

Köln, 1880.

Verlag der M. DuMont-Schauberg'schen Buchhandlung.

Druck von M. DuMont-Schauberg in Köln.

~~V. 750~~
Eng 4008.79.3
MAY 24 1881

Subscription fund.

Die neuesten Fortschritte

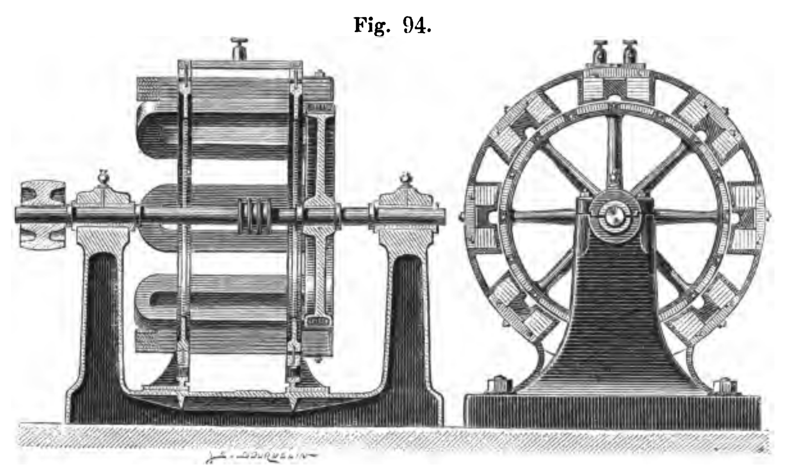
auf dem

Gebiete der elektrischen Beleuchtung und der elektrischen Uebertragung der Kraft.

Welle mittels acht Speichen befestigter Radkranz (Inductor), auf welchem sich in gleichen Abständen von einander 16 Drahtspulen befinden, welche bei der Drehung der Welle sehr nahe unter den 16 Magnetpolen vorbei rotiren.

Zum bessern Verständnisse der Art und Weise, wie die inducirten Ströme entstehen, nehmen wir nach *du Moncel*

Fig. 94.

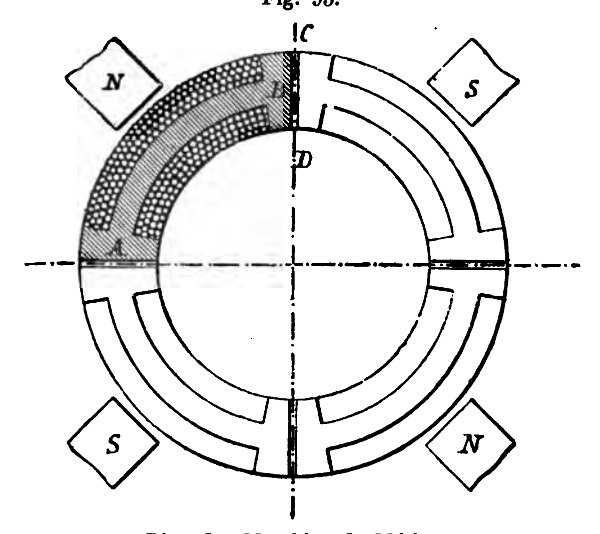


Magnet-elektrische Maschine von de Méritens.

statt der 8 Stahlmagnete mit 16 Polen nur 2 Magnete mit 4 Polen (Fig. 95), und dem entsprechend den eisernen Ring aus 4 Segmenten bestehend, welche von einander magnetisch isolirt und mit Draht umwickelt sind. Jeder dieser Eisenkerne besteht aus 50 und mehr 1 mm dicken Eisenblättern und trägt an jedem Ende eine aus ähnlichen Blättern bestehende Verstärkung *A*, *B*, zwischen welchen die Drahtwindungen eingelagert sind. Die zwei aneinandergränzenden Kopfstücke *A*, *B* werden durch Kupferstücke *C D* fest mit einander verbunden, so dass der ganze Ring (wie in der Figur) 4, in der Wirklichkeit aber 16 kräftige Elektromagnete darstellt, welche bei der Drehung des Ringes dicht unter den 16 alternirend entgegengesetzten Polen der Stahlmagnete rotiren.

Nähert sich bei einer Drehung von links nach rechts der Eisenkopf *B* dem Südpole *S* des nächsten Stahlmagnets, so wird in der Drahtspule *B A*, wie in den oben beschriebenen magnet-elektrischen Maschinen, ein Inductionsstrom erzeugt von entgegengesetzter Richtung zu denjenigen Solenoidströmen, die nach der *Ampère*'schen Ansicht den Magnetpol *S* umkreisen. (S. 3.) Andererseits erzeugt der Pol *S* in dem innern Eisenkerne des Ringes einen Nordpol, welcher sich bei der Drehung des Ringes im Innern der Drahtspule

Fig. 95.



Ring der Maschine de Méritens.

verschiebt und eben hierdurch einen zweiten Inductionsstrom hervorruft. Diese Ströme sind um so energischer, je geringer die Entfernung ist zwischen den Drähten und Eisenköpfen *A*, *B* einerseits und den Magnetpolen *S*, *N* andererseits. Zu diesen zwei Stromsystemen gesellt sich dann noch ein dritter Inductionsstrom, welcher aus der directen Bewegung der Drahtspule durch das magnetische Feld des Pols *S* entsteht und der auch entstehen würde, wenn der innere metallische Ring fehlte oder aus einem andern Material

als Eisen bestände. Wenn der Kopf *B* den Pol *S* verlässt, verliert er seinen Magnetismus wieder und es entsteht mit dem Entweichen des Magnetismus in der Drahtspule ein Strom entgegengesetzt zu demjenigen, welcher bei der vorgängigen Annäherung von *B* an *S* entstand. Ebenso wiederholen sich die anderen Vorgänge im entgegengesetzten Sinne, wobei es sich von selbst versteht, dass das, was von einem Theile des Ringes gilt, gleichzeitig auch für die übrigen Theile gelten muss.

Die Drahtwindungen haben auf allen einzelnen Ringstücken die gleiche Richtung; das äussere Drahtende der einen Spule ist mit dem äussern Drahtende der nächstfolgenden Spule, und ebenso das innere Drahtende der ersteren Spule mit dem innern Ende der letzteren Spule zusammengelöthet, so dass die in den einzelnen Ringstücken erzeugten Wechselströme im ganzen Ringe eine und dieselbe Richtung haben. Die beiden Enden des gesammten Drahtes, welche als die Pole der Maschine zu betrachten sind, sind an zwei Kupferringen befestigt, welche von einander und von der Achse des Inductorrades isolirt auf dieser Achse fest aufsitzen. Auf diesen Ringen schleifen dann zwei kupferne Federn, welche die alternirenden Ströme des Ringes aufnehmen und zu zwei Klemmen führen, von wo aus die Leitung nach aussen abgeht.

Die wesentlichen Vorzüge der Maschine von *de Méritens* bestehen theils darin, dass die einzelnen Ringstücke ganz von einander getrennt sind und die Umwickelung ihrer Kerne gar keine Schwierigkeiten macht, wogegen sowohl bei den *Siemens*'schen als auch bei den *Gramme*'schen magnetelektrischen Maschinen die Bewickelung der Trommel resp. des Ringes mit sehr grossen Schwierigkeiten verbunden ist, theils auch darin, dass die Maschine weder Commutator noch Stromsammler, also auch keinen Stromverlust hat. Uebrigens lässt sich die Verbindung der Drahtspulen unter

einander auch so herstellen, dass die einzelnen Spulen je nach der Art der Verwendung beliebig hintereinander oder nebeneinander geschaltet werden können.

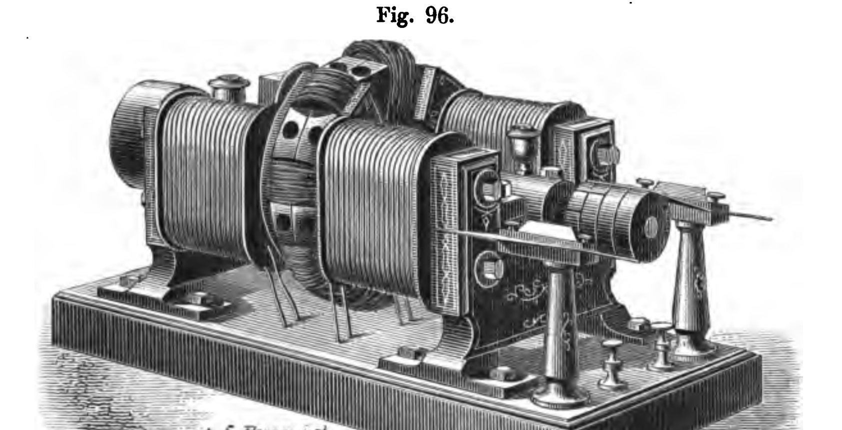
Nach vielen Angaben scheint es, dass unter allen magnet-elektrischen Maschinen mit Stahlmagneten die Maschine von *de Méritens* für einen gegebenen Kraftaufwand den grössten Lichteffect gibt. In der That unterhalten diese Maschinen bei einem Kraftaufwande von nicht mehr als einer Pferdekraft und bei nur 700 Touren in der Minute das Licht von drei *Jablochkoff*'schen Kerzen in ununterbrochener Thätigkeit, ohne sich merklich zu erhitzen; doch scheint die Lichtstärke jeder dieser Kerzen weniger intensiv zu sein, als bei Anwendung der *Siemens*'schen oder der *Gramme*'schen Maschinen. Mit den grösseren Lichtmaschinen dieser beiden letzteren Systeme kann die Maschine *Méritens* den Vergleich keinenfalls aushalten, während sie für kleinere Stromwirkungen, also zu Laboratoriumszwecken, für physicalische Cabinette, Theater-Effecte u. s. w. durchaus vortheilhaft erscheint.

62. Die Lichtmaschine von Brush, welche in Fig. 96 (s. f. S.) abgebildet ist, gehört im Grunde zu der Classe der magnet-elektrischen Maschinen, obwohl sie keine Stahlmagnete hat; sie wird aber zu einer dynamo-elektrischen Maschine dadurch, dass die Stahlmagnete durch Elektromagnete ersetzt sind und die Wechselströme, die sie erzeugt, durch einen Commutator in Ströme von unveränderlicher Richtung verwandelt werden, bevor sie zu den Elektromagneten gelangen. Aus dieser Construction ergibt sich schon, dass die Maschine keine besonderen Vortheile haben kann, und wir führen sie auch nur desswegen hier an, weil sie und mit ihr die im folgenden Paragraphen beschriebene Maschine *Wallace-Farmer* in America fast ganz ausschliesslich zur Erzeugung des elektrischen Lichtes im Gebrauche ist.

Die Maschine von *Brush* hat zwei Elektromagnete in Hufeisenform, deren gleichnamige Pole sich gegenüberstehen.

In dem von diesen Polen gebildeten magnetischen Felde rotirt ein Eisenring, der aus 16 Theilen besteht; ein Theil um den andern ist mit Kupferdraht umwickelt, während die Zwischenräume, ähnlich wie bei dem Ringe von *Pacinotti* (Fig. 34), durch eiserne Keile ausgefüllt sind. Jede dieser 8 Drahtrollen ist mit der ihr diametral gegenüberstehenden Rolle durch ein Drahtende verbunden (Fig. 97), die beiden anderen Drahtenden gehen dagegen zu einem Commutator, so dass der ganze Ring aus 4 getrennten Stromkreisen und ebenso vielen Commutatoren besteht, von denen in der Fig. 97 nur einer, *A*, *B*, dargestellt ist.

Fig. 96.



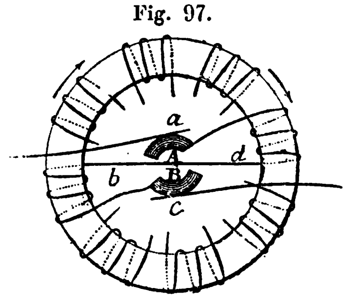
Die Lichtmaschine von Brush.

Wie man sieht, ist die Drahtrolle *d* mit der gegenüberstehenden Rolle *b* verbunden, die freien Drahtenden aber gehen zu den kupfernen Commutatorstücken *A* und *B*, welche auf der Rotationsachse befestigt und durch einen mit einer Isolationsmasse ausgefüllten Zwischenraum von einander getrennt sind. Auf den Commutatorstücken schleifen die kupfernen Federn *a* und *c*, welche die gleichgerichteten Ströme aufnehmen und unter Anwendung des dynamo-

elektrischen Princips den aus dem Ringe abfliessenden Strom von unveränderlicher Richtung einerseits zu den Elektromagneten leiten, anderseits aber in die Leitung nach aussen abführen.

Brush hat an seiner Maschine, ohne das Wesentliche der Construction zu ändern, noch verschiedene andere Einrichtungen getroffen und es damit ermöglicht, bei gleicher Geschwindigkeit der Rotation, schwächere oder stärkere Ströme zu erzeugen, oder auch 2 oder 4 ganz von einander unabhängige Stromsysteme zu gewinnen und mit einer Maschine 2 oder 4 Lampen zu unterhalten. Die eisernen Keile des Ringes sind durchbrochen, um zum Zwecke einer vollständigeren Abkühlung stets frische Luft

Fig. 97.



Ring der Maschine von Brush.

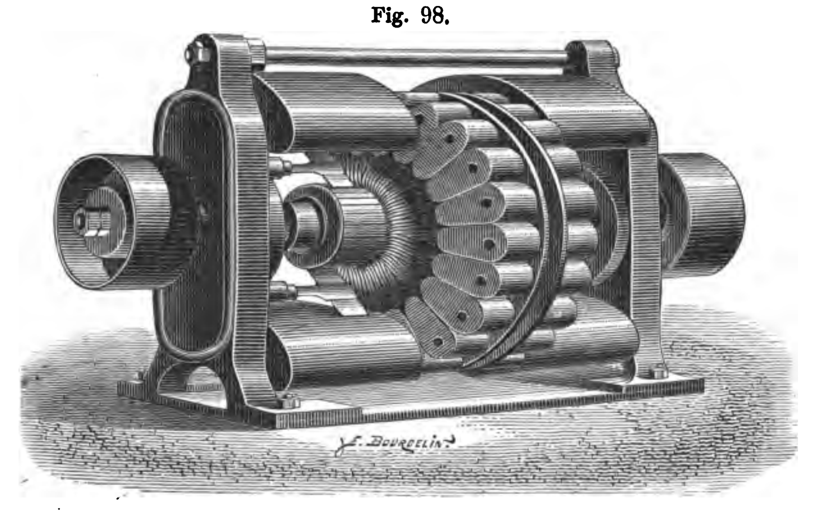
durch die Oeffnungen circuliren zu lassen; die Folge hiervon ist aber, dass die Maschine während ihrer Thätigkeit ein starkes Geräusch gibt, was noch durch den beständigen Wechsel des Magnetisirens und des Entmagnetisirens der rotirenden Drahtrollen vermehrt wird. Die Maschine ist in America sehr stark verbreitet und findet in der neuesten Zeit auch in England mehrfach Beifall.

63. Die Lichtmaschine von Wallace-Farmer, zuerst (1876) von dem Ingenieur *G. Farmer* in Boston, seitdem aber von dem Mechaniker *M. Wallace* in Ansonia gebaut, gelangte in America bald zu hohem Rufe, als der berühmte *Edison* bei seinen ersten Projecten auf dem Gebiete der elektrischen

Beleuchtung sich dieser Maschine bediente und an ihr rühmte, dass sie unversiegliche Ströme von Elektricität erzeuge. Ein Blick auf die Abbildung derselben (Fig. 98) zeigt jedoch sofort, dass wir es hier im Wesentlichen mit Constructions-Principien zu thun haben, die uns schon aus den Maschinen *Niaudet* (Fig. 20), *Lontin* (Fig. 71) und *Schuckert* (Fig. 58) bekannt geworden sind.

Die Maschine hat, wie die vorige, zwei halbflache hufeisenförmige Elektromagnete, deren entgegengesetzte Pole einander gegenüberstehen. In dem von diesen Polen ge-

Fig. 98.



Die Lichtmaschine von Farmer-Wallace.

bildeten magnetischen Felde rotirt ein Doppelkranz von 50 flachen Drahtspulen, welche der Reihe nach einzeln an den Magnetpolen in sehr geringer Entfernung vorbeilaufen. Jede dieser zwei eisernen, auf der Rotationsachse befestigten Scheiben trägt sonach 25 Spulen; jede Spule besteht aus 4 einzelnen Drahtrollen, deren Drähte der Reihe nach hintereinander verbunden sind, während zugleich von den Löthstellen je zweier aufeinanderfolgender Spulen Drähte rechtwinkelig umbiegend zu einem auf der Achse sitzenden

Collector führen, wie dieses bei der Maschine *Gramme* und *Siemens* näher beschrieben ist. Jede Spule ist durchbrochen, um durch die entstehende Luftcirculation eine genügende Abkühlung der Maschine zu bewirken.

In Folge der *Gramme*'schen Anordnung des Stromsammlers bedarf die Maschine keines besondern Commutators; dieselbe liefert für jeden Spulenkranz direct ein besonderes System gleichgerichteter Ströme, die man entweder vereinigen oder einzeln verwenden kann. Die Ströme werden vom Stromsammler nach dem dynamo-elektrischen Princip zuerst zu den Elektromagneten geführt und gelangen dann erst in die Leitung. Der Constructeur rühmt an dieser Maschine das Freistehen der Drahtspulen, wodurch dieselben bei ihrer Rotation sich an der Luft rasch abkühlen könnten; allein dieses ist so wenig der Fall, dass auch bei der besten Ventilation, wenn die Maschine mit 800 Touren in der Minute arbeitet, sie sich bis zum Schmelzpuncte des Siegellacks erhitzt, wozu noch kommt, dass die Reibung der Spulen an der Luft sehr bedeutend und zur Ueberwindung derselben ein grosser Kraftaufwand, bis zu 8 Pferdekräften, erforderlich ist.

64. Siemens-Halske's neueste Maschine (System F. von Hefner-Alteneck) zur Erzeugung von intermittirenden gleichgerichteten oder intermittirenden Wechsel-Strömen in einem oder in mehreren Stromkreisen durch Bewegung der blossen Drahtspulen in magnetischen Feldern, welche wohl unbestritten gegenwärtig den Höhepunct aller elektrischen Lichtmaschinen bildet, haben wir bereits in Abth. IX, Nr. 57, S. 315 ausführlich beschrieben und durch die beiden Abbildungen 88 und 89 näher erläutert. Wir fügen hier zum noch näheren Verständnisse der Details in Fig. 99 eine perspectivische Ansicht dieser Maschine hinzu, in welcher die gleichen Buchstaben dieselben Theile bezeichnen, wie in den Figuren 88 und 89.

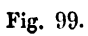


Fig. 99.

Siemens-Halske's Wechselstrom-Maschine mit dynamo-elektrischem Stromerreger.

Wie bereits angeführt worden ist, zeichnet sich diese Wechselstrom-Maschine ganz besonders durch geringen Kraftbedarf, soliden Bau und unbedeutende eigene Erhitzung aus; es darf uns daher nicht wundern, wenn dieselbe für die verschiedensten Zwecke der elektrischen Beleuchtung in kurzer Zeit eine ungewöhnliche Verbreitung gefunden hat und auch ausserhalb Deutschlands gegen die neuesten Wechselstrom-Maschinen von *Gramme* und *Lontin* erfolgreich ankämpft.

Der Hauptvortheil dieser Maschine liegt darin, dass bei derselben durchaus kein Polwechsel und keine Verschiebung magnetischer Pole im Eisen auftritt, und dass überhaupt keine Eisenmassen, sondern nur Kupferdrähte in ihr bewegt werden.

Es ist selbstverständlich, dass zur Kräftigung der feststehenden inducirend wirkenden Elektromagnete *C*, *C*, die mit entgegengesetzten Polen einander gegenüberstehen, nur gleichgerichtete Ströme verwendet werden können, welche in diesen Elektromagneten stets eine und dieselbe Polarität erhalten.

Aus mehreren Gründen ist es vortheilhaft, wie es auch durch *Gramme* und *Lontin* geschieht, diese bloss zur Magnetisirung dienenden Ströme aus einer besonderen dynamoelektrischen Maschine zu entnehmen, welche ganz getrennt von der Lichtmaschine mittelst einer besonderen Riemenscheibe von demselben Motor wie jene getrieben wird.

In der Figur 99 ist *I* die *Siemens*'sche dynamo-elektrische, *II* die Licht-Maschine; erstere (der Stromerzeuger, der Erreger oder Stromgeber genannt) liefert, sobald sie nach wenigen Secunden die richtige Tourenzahl, z. B. 800 in der Minute, macht, durch die Drähte *a*, *b* den zur Sättigung der Elektromagnete in *II* erforderlichen continuirlichen und gleichgerichteten Strom, der von keinerlei äusseren Widerständen beeinflusst wird und daher stets von gleicher Stärke

ist; die Lichtmaschine erzeugt dagegen die Wechselströme, deren Stärke bei constant bleibendem Magnetismus der Elektromagnete und gleich bleibender Tourenzahl, z. B. 1100 in der Minute, nur noch von den Schwankungen in den äusseren Leitungswiderständen, namentlich also im Lichtbogen selbst, abhängig ist.

Die in den Figuren 88, 89 und 99 dargestellte Maschine hat nur acht Elektromagnete und ebenso viele Drahtspulen. Die grösseren Wechselstrom-Maschinen, welche zur Speisung von 12 Lampen und mehr dienen, haben deren doppelt so viele; bei beiden Maschinen befinden sich, wie bereits oben gesagt worden, zur Fortleitung der sich bildenden Inductionsströme auf der Achse der Maschine eine der Anzahl der von der Maschine abzuleitenden Stromkreise entsprechende Anzahl von Contactringen isolirt von der Achse, und auf diesen gleiten die Schleiffedern oder Bürsten, mit welchen die Enden der Leitungen in geeigneter Weise durch Klemmen verbunden sind. In der Fig. 99 sind, wie dieses gewöhnlich der Fall ist, zwei solche Contactringe angenommen; demgemäss liefert die Maschine zwei mit vier Drahtenden nach aussen abgehende Stromkreise.

Die vorstehend beschriebenen *Siemens-Halske*'schen Wechselstrom-Maschinen sind bereits aus dem Stadium langer Versuchsreihen vielfach in die Praxis eingeführt und sie bewähren sich allerwärts so vollständig, namentlich in Verbindung mit den allerneuesten *v. Hefner-Alteneck*'schen Lampen mit Differentialstrom, die wir später beschreiben werden, dass mit ihnen nicht bloss ein bedeutender Schritt auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung vorwärts geschehen ist, sondern auch die so lange gesuchte Lösung der Theilung des elektrischcn Lichtbogens wenigstens in gewissen weiten Gränzen gefunden erscheint.

65. Vergleichung der magnet-elektrischen und der dynamo-elektrischen Lichtmaschinen. Man kann die bis jetzt con-

struirten Lichtmaschinen in magnet-elektrische und dynamo-elektrische Maschinen eintheilen; die ersteren zerfallen dann noch in solche mit Stahlmagneten und in solche mit Elektromagneten. Die mit Stahlmagneten versehenen Maschinen, zu denen die Maschinen der Gesellschaft *l'Alliance* (Fig. 22), von *Holmes*, *Wilde* (Fig. 29), *Siemens-Halske* (Fig. 62) und von *de Méritens* (Fig. 94) gehören, gewinnen die elektrischen Ströme aus permanenten Magneten, die anderen Maschinen erzeugen diese Ströme vermittelst der künstlichen oder der Elektromagnete. Wendet man zur Erregung dieser Elektromagnete besondere zu diesem Zwecke eigens construirte Stromerreger an, wie bei den neueren Wechselstrom-Maschinen von *Gramme*, *Lontin* und *Siemens-Halske*, so gehören die entsprechenden Lichtmaschinen zu der Classe der magnet-elektrischen Maschinen; entnimmt man aber die zur Erregung der Elektromagnete erforderlichen Ströme der Lichtmaschine selbst, indem man die Inductordrähte mit denen der Elektromagnete in Verbindung bringt und demnach die Inductorrollen, die inducirend wirkenden Elektromagnete und die in der Leitung befindlichen elektrischen Lichter sich in einem einzigen Stromkreise befinden, so gehört die Lichtmaschine zu der Classe der dynamo-elektrischen Maschinen.

Da die mit Stahlmagneten versehenen Maschinen ihre inducirend wirkende Kraft eben in den permanenten Magneten stets in Vorrath haben, die übrigen Maschinen aber zur Erzeugung kräftiger Magnete besonderer Stromerreger und hierzu eines besondern Kraftaufwandes bedürfen, so sind die ersteren Maschinen schon von diesem Gesichtspuncte aus betrachtet in ökonomischer Beziehung vortheilhafter als die anderen. Aber auch noch in anderer Beziehung haben alle magnet-elektrischen Maschinen, mögen sie gleichgerichtete oder Wechselströme liefern, wenn es sich um die Erzeugung eines möglichst gleichmässigen elektrischen

Lichtes handelt, einen grossen Vortheil vor den dynamo-elektrischen Maschinen voraus. Die inducirende Wirkung der Stahlmagnete ist nämlich unabhängig von der Geschwindigkeit, mit welcher die Drahtspulen (der Inductor) vor oder unter ihren Polen vorbeirotiren; diese magnetische Kraft ist ferner ganz unabhängig von den äusseren im Stromkreise befindlichen Widerständen; sie behält stets die gleiche Stärke, mag der Widerstand in der Leitung, also insbesondere in den elektrischen Lichtern, während ihrer Arbeit zu- oder abnehmen. Ganz anders bei den dynamo-elektrischen Maschinen. Hier hängt die Stärke der inducirend wirkenden Elektromagnete ganz von der Stärke der erzeugten Inductionsströme, also von der Geschwindigkeit der Rotation ab, und die kleinsten Schwankungen in diesen Inductionsströmen übertragen sich sofort auf die erregenden Elektromagnete, welche dann ihrerseits wieder verstärkend oder schwächend auf die Inductionsströme einwirken. Schon ein unbedeutendes Gleiten des Treibriemens macht sich in den Strömen einer dynamo-elektrischen Lichtmaschine und daher in dem elektrischen Lichte selbst fühlbar, aber sehr viel mehr noch thun dieses etwaige Schwankungen in den äusseren Widerständen, also Veränderungen in der Länge des Flammenbogens zwischen den Kohlenspitzen. In dem Augenblick, wo diese beim ersten Schliessen der Leitung zusammenstossen und der das Licht erzeugende Strom zuerst auftritt, ist der Widerstand in der Leitung verhältnissmässig gering und der Strom daher entsprechend stark. Springen nun die Kohlenstäbe unter dem Einflusse des Lampen-Regulirwerks nicht sofort auseinander, so nehmen die Elektromagnete in der dynamo-elektrischen Maschine in wenigen Secunden den höchsten Grad des Magnetismus an, der dann wieder auf die Ströme des Inductors verstärkend einwirkt und ein magnetisches Feld zwischen den Polen der Elektromagnete von solcher Intensität erzeugt, dass es von Seiten

des Motors des höchsten Kraftaufwandes bedarf, um die Inductorrolle durch dieses dichte magnetische Feld hindurchzutreiben. Die Folge hiervon ist bei schwächeren Motoren, dass sie sehr bald zum Stillstande kommen, und bei grösseren, welche überschüssige Kraft haben, dass sie langsamer gehen.

Aber auch wenn die Kohlenspitzen nach ihrer ersten Berührung sofort auseinandergehen, wie dieses bei einem guten Regulator der Fall ist, treten grosse Veränderungen in dem Widerstande des Lichtbogens und also in der Stromstärke ein, welche sich sofort auf die Elektromagnete der Lichtmaschine übertragen und ihren Gang beeinflussen; das Abbrennen der Kohlen macht den Lichtbogen länger und den Widerstand grösser, die Annäherung derselben verkürzt den Bogen und macht den Widerstand kleiner, und so hat das fortwährende Reguliren des Bogens in der Lampe grossen Einfluss auf die Stromstärke in der Maschine und auf die stromerregende Kraft der Elektromagnete. Die Folge hiervon ist aber eine stets sich verändernde Intensität des Lichtes selbst, ein Flackern des Lichtes, welches für das Auge oft unangenehm ist.

Um diesen Uebelständen zu begegnen, bleibt nur übrig, die dynamo-elektrische Maschine stets auf dem höchsten Grade ihrer Leistungsfähigkeit und die elektrischen Ströme auf der höchsten Intensität zu erhalten; aber dieses hat wieder andere, unter Umständen noch grössere Uebelstände im Gefolge. Wendet man nämlich, wie dieses jetzt fast ausschliesslich bei allen Anwendungen des elektrischen Lichtes im Grossen geschieht, Wechselströme an, so erzeugen die starken Ströme, die in der Secunde nicht selten zweihundertmal und öfter ihre Richtung ändern, ähnlich wie in den *Ruhmkorff*'schen Inductions-Apparaten, in den benachbarten, durch eine Isolationsschicht getrennten Umwindungen der Drahtspulen nach Art eines Condensators freie Elektricität von hoher Spannung und damit die Gefahr des Durch-

schlagens der Isolation im Innern der Maschine. Die Erfahrung lehrt in der That, dass die Lichtmaschinen bei Strömen von hoher Spannung schon nach kurzer Zeit ihrer Ingangsetzung unthätig werden können, ohne dass man den Grund davon äusserlich zu erkennen vermag; bei genauer Untersuchung findet man dann an irgend einer Stelle in den Drahtwindungen der Inductorrollen, dass die Isolation unterbrochen ist.

Es ergibt sich hieraus, dass es nicht vortheilhaft ist, zur Erzeugung des elektrischen Lichtes namentlich in mehreren Lampen eines und desselben Stromkreises die dynamoelektrischen Ströme direct zur Anwendung zu bringen, und dass die gewöhnlichen magnet-elektrischen Ströme, mögen sie stets gleiche Richtung haben oder ihre Richtung stets wechseln, den Vorzug verdienen, dass aber die dynamoelektrischen Maschinen ganz dazu geeignet sind, den zur Magnetisirung der Elektromagnete in der Lichtmaschine erforderlichen ununterbrochenen Strom von unveränderlicher Richtung zu liefern.

B. Lampen (Regulatoren mit Lichtbogen). Theilung des Lichtbogens.

Die Zahl der seit der ersten Ausgabe dieses Buches neu erfundenen, oder als neue Erfindung patentirten Lampen mit Lichtbogen ist sehr gross; aber theils unterscheiden sich diese neuen Constructionen von den schon längst bekannten nur durch die Verschiedenheit in der Form, theils sind sie blosse Entwürfe geblieben. Nur wenige von ihnen bewähren sich beim praktischen Gebrauche, und als solche heben wir im Nachstehenden hervor die Lampen von *Jaspar* und *Dornfeld* (*Krupp's* Patent) einerseits, und die von *Lontin*, *Fontaine* und die neuesten von *v. Hefner-Alteneck* (*Siemens-Halske's* Patent) mit Differentialstrom andererseits.

66. Die Lampe von J. Jaspar (Maschinenbauer in Lüttich), die sich bei ungewöhnlicher Empfindlichkeit im Reguliren und Sicherheit im Betriebe durch eine nicht minder grosse Einfachheit der Construction empfiehlt, ist in Fig. 100 abgebildet, und zwar für den Moment, wo die Kohlenstäbe fast ganz abgebrannt sind.

Der obere positive Kohlenhalter ist an einer Stange *A A* befestigt, welche mit dem +Pole der Lichtmaschine in leitender Verbindung steht, sonst aber von allen Theilen der Lampe vollkommen isolirt ist. An ihrem untern Ende trägt diese Stange einen Führungsarm, der eine verticale Schiene umfasst und bei seiner Bewegung längs derselben jede Drehung der Stange *A A* und des obern Kohlenhalters verhindert. Wie bei der Lampe von *Serrin* (Fig. 83) lässt sich durch zwei Stellschrauben am obern Theile des auf *A* sitzenden Querarms die obere Kohle genau in die verticale Linie der unteren Kohle einstellen.

Der untere negative Kohlenhalter steckt oben in einer schmiedeeisernen Stange *B*, welche mit dem metallenen Gestelle und mit dem negativen Pole der Lichtmaschine in Verbindung steht und mit ihrem untern Ende auf eine gewisse Strecke in die von dem elektrischen Strome durchflossene Drahtspirale *C* (Solenoid) hinabreicht. Der Strom fliesst daher in der Lampe von der +Polklemme durch die Stange *A A* zu der oberen Kohle, von hier zur unteren Kohle, sodann durch die Stange *B* durch das Solenoid *C* nach der —Polklemme in die Leitung weiter.

In dem obern Theile der Lampe sitzen zwei Scheiben, von denen die eine bloss halb so gross ist als die andere, auf einer gemeinschaftlichen Welle. Der untere Querarm der Stange *A A* ist mittels einer Schnur oder eines Gliederkettchens, welche sich in die Rinne der grösseren Scheibe legt, mit dieser fest verbunden, wodurch die Bewegung der oberen Kohle auf beide Scheiben und somit auf die untere

Kohle übertragen wird. Ebenso ist der Eisenkern *B* durch eine Schnur mit der kleinen Scheibe verbunden, wodurch erreicht wird, dass die untere Kohle sich hebt, wenn die obere sich senkt; die Bewegung der unteren Kohle ist dabei nur halb so gross als die der oberen.

Der ganze zur oberen Kohle gehörige bewegliche Theil ist schwerer als der zur unteren Kohle gehörige, und da der obere Theil an dem Umfange der grösseren Scheibe wirkt, so wird derselbe sich senken und die untere Kohle heben, d. h. die Kohlenspitzen haben beständig das Bestreben, sich einander zu nähern. In dem Momente, wo beim ersten Zusammenlaufen die Kohlenspitzen sich berühren, wird die Leitung geschlossen und der Strom circulirt durch die Lampe und deren Solenoid *C*. Der Eisenkern *B* wird von der Drahtspirale *C* gegen ihre Mitte hin herabgezogen, der untere Kohlenhalter *B* folgt dieser Bewegung, und durch die Verbindung der Schnüre und der Schnurscheiben steigt die obere Kohle entsprechend in die Höhe; die Kohlenspitzen entfernen sich von einander und es entsteht der Lichtbogen.

Aber eben hierdurch wächst der Widerstand in der Leitung und der Strom wird schwächer; die Anziehung der Drahtspirale *C* nimmt ebenfalls ab und es stellt sich Gleichgewicht her zwischen dem Uebergewichte des obern Kohlenhalters und der Anziehung des Solenoids. Wird dann durch Verbrennung der Kohlen der Lichtbogen noch grösser und der Strom noch schwächer, so gewinnt der obere Kohlenhalter das Uebergewicht über die Anziehung der Drahtspirale, ersterer sinkt etwas herab und die Kohlenspitzen werden wieder einander näher gebracht. Dieser Annäherung aber entspricht natürlich wieder eine Zunahme der Stromstärke und damit eine neue Anziehung des Solenoids, wodurch eine weitere Annäherung der Kohlenspitze verhindert wird.

Um das Uebergewicht des obern Kohlenhalters, d. i. diejenige Kraft, welche der Spiralenanziehung entgegen die

Fig. 100.



Elektrische Lampe von Jaspar.

Kohlenspitzen zu nähern sucht, modificiren und damit denselben Regulator für Ströme von verschiedener Intensität verwenden zu können, ist neben den Schnurscheiben auf derselben Achse noch eine dritte kleine Schnurscheibe befestigt, um welche eine Schnur gelegt ist, die mit ihrem untern freien Ende an einem einarmigen, mit einem Gewichte F belasteten Hebel befestigt ist. Dieses Gewicht lässt sich durch Drehen des ausserhalb der Lampe befindlichen Knopfes auf den Hebel K hin und her schieben, wobei die Schnur so um die Scheibe gelegt ist, dass das Laufgewicht F dem Gewichte des obern Kohlenhalters entgegenwirkt. Beim Einschieben des Knopfes wird der Lichtbogen grösser, beim Ausziehen kleiner.

Zwischen den Speichen der grossen Schnurscheibe ist ein zweites Gegengewicht E angebracht, welches den Zweck hat, die bei der höheren oder tieferen Stellung des Eisenkerns B eintretenden Aenderungen in der Anziehung des Solenoids auszugleichen.

Diese Anziehung nämlich ist bei gleicher Stromstärke um so geringer, je weiter der letztere sich herausgehoben hat, d. h. je mehr die Kohlen abgebrannt sind. Soll nun die Grösse des Lichtbogens stets dieselbe bleiben, so muss in demselben Verhältnisse, wie die Kohlen abbrennen und die Kraft des Solenoids abnimmt, auch das Uebergewicht des obern Kohlenhalters verringert werden. Theilweise geschieht dieses schon durch das Abbrennen selbst, da von der oberen positiven Kohle, deren Gewicht überdies an einem grossen Hebelarme wirkt, doppelt so viel wegbrennt wie von der unteren. Aber diese Ausgleichung genügt nicht und der Rest wird von dem Uebergewichte E besorgt. Bei Beginn der Bewegung befindet sich nämlich dasselbe zur rechten Hand, vermindert hierdurch das Gewicht von A und erhöht die Wirkung des Solenoids. In dem Maasse wie das Contregewicht E in die Höhe geht und die verticale Schwerelinie

seines Schwerpunctes sich der Achse der Schnurscheiben nähert, nimmt sein Hebelarm ab und wird Null, wenn dieser Schwerpunct lothrecht über dieser Achse liegt. Bei weiterm Abbrennen der Kohlen rückt das Gegengewicht auf die andere Seite nach links, verstärkt nunmehr die Wirkung des obern Kohlenhalters und erreicht seine maximale Wirkung, wenn die Kohlen nahe ganz abgebrannt sind, wie dieses aus der Fig. 100 leicht zu ersehen ist. In dieser Lage übt das Gegengewicht *E* offenbar seine grösste verstärkende Wirkung auf das Gewicht von *A A* aus, und das ist die Lage, wo auch das Solenoid seine grösste Anziehung auf die Eisenstange *B* ausübt.

Neben dem Solenoid *C* steht in leitender Verbindung mit den übrigen Theilen der Lampe eine mit Quecksilber gefüllte Röhre *D*, in welcher sich mit nur wenig Spielraum ein eiserner Kolben bewegt, dessen Stange *L* mit der Stange *B* fest verbunden ist. Diese Röhre hat den Zweck, jede zu rasche stossweise wirkende Bewegung der Kohlenhalter, namentlich ein zu rasches Niedersinken der oberen Stange, zu verhüten; ausserdem aber stellt es noch einen vollständigern Contact der Leitung mit der unteren Kohle her.

Der *Jaspar*'sche Regulator wirkt ganz ausgezeichnet und hat dem Erfinder auf der pariser Weltausstellung von 1878 die goldene Medaille eingetragen.

67. Die Lampe von C. Dornfeld in Essen a. d. Ruhr (*Krupp*'s Patent) hat die wesentlichsten Organe mit der vorhin beschriebenen Lampe von *Jaspar* gemein, unterscheidet sich aber von dieser durch die Art und Weise, wie das Solenoid die Kohlen von einander trennt und den Lichtbogen auf der erforderlichen Länge erhält.

Die beiden Kohlenhalter *a* und *b* (Fig. 101) hängen auch hier mittelst Schnüre oder Gliederkettchen je an einer Scheibe mit gemeinschaftlicher Achse, und zwar ist die Scheibe *F* (Fig. 102), an welcher der obere positive Halter hängt,

Figur 101.

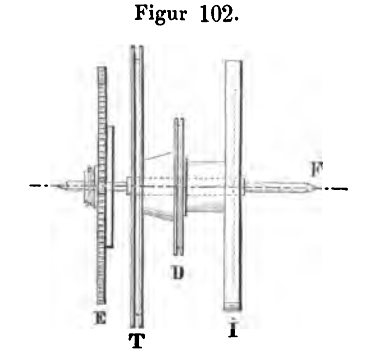


Elektrische Lampe von C. Dornfeld (Krupp's Patent).

wieder doppelt so gross als die Scheibe *D* des negativen Halters *b*; die Schnüre sind ferner so gelegt, dass wenn *a* durch sein Gewicht herabsinkt, er den Halter *b* in die Höhe zieht, wobei *b* nur halb so hoch steigt als *a* fällt, der Lichtbogen also immer auf derselben Stelle im Raume bleibt.

Da das Gewicht der Stange *a*, falls ihre Bewegung nicht leicht von Staub u. s. w. gehemmt werden soll, nicht zu klein sein darf, so sind Vorkehrungen zu treffen, um den Lauf derselben zu verlangsamen und zu reguliren, zu welchem Zwecke *Jaspar* die Quecksilberröhre anwandte. In der

Figur 102.



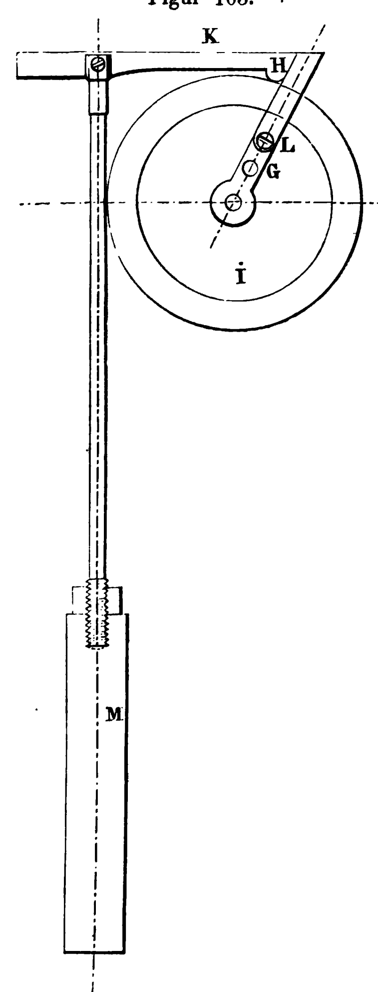
Scheiben und Räder der Lampe Dornfeld.

Dornfeld'schen Lampe ist der Quecksilberwiderstand zweckmässig durch den Luftwiderstand ersetzt, und zu diesem Zwecke sitzt auf derselben Achse *F* der Schnurscheiben *T* und *D* noch ein Zahnrad *E*, welches durch ein Beisatzrad in einen Windflügel eingreift. (Fig. 101.) Dieses Rad *E* ist mit einem Sperrrad versehen, damit das Auseinanderziehen der Kohlenhalter beim Einsetzen neuer Kohlen leicht von Statten geht.

Die selbstthätige Einstellung und Regulirung des richtigen Abstandes der Kohlenspitzen, der Länge des Lichtbogens, geschieht auf folgende Weise. Auf der den Scheiben *T*, *D* und *E* gemeinschaftlichen Achse *F* sitzt eine Scheibe *J*,

auf deren Umfang eine eigenthümlich construirte Bremse *K* einwirkt. (Fig. 103.) Dieselbe besteht aus zwei Theilen, die durch ein Gelenk bei *L* verbunden sind. In dem untern

Figur 103.



Bremse zu Dornfeld's Lampe.

Theile, der sich auf der gemeinschaftlichen Achse *F* frei dreht, ist ein Loch *G* gebohrt, in welches ein Stift hineinragt,

die Bewegung dieses Theiles der Bremse nach rückwärts begränzend. An dem obern Theile der Bremse sitzt der Bremsklotz *H* und am andern Ende hängt an einer Messingstange die schmiedeeiserne Stange *M* eines Solenoids (Fig. 101), dessen Drahtspirale stets in der Leitung eingeschlossen und das also beständig vom Strome durchflossen ist.

Wenn die Lampe in Thätigkeit gesetzt und durch das Zusammenlaufen der Kohlen die Leitung geschlossen wird, circulirt der Strom durch das Solenoid und die Eisenstange *M* wird in die Drahtspirale hineingezogen. Hierdurch aber wird der Bremsklotz *H* auf den Umfang der Scheibe *J* gepresst und bei seiner weiteren Bewegung die Scheibe mitgenommen, jedoch nur so weit, als es eine seitliche Stellschraube *O* (Fig. 101) erlaubt. Eben diese Drehung der Scheibe *J* aber dreht die Schnurscheiben ein wenig rückwärts, wodurch der obere Kohlenhalter gehoben, der untere gesenkt und der Lichtbogen auf die richtige Länge zwischen beiden Kohlenspitzen zum Vorschein gebracht wird.

Die Kohlenspitzen brennen nun nach und nach ab, der Lichtbogen wird grösser, der Strom schwächer und die Anziehung des Solenoids auf den Eisenkern *M* nimmt ab. Bei einer gewissen Länge des Lichtbogens überwiegt sodann eine Abreissfeder *p*, welche durch die Schraube *q* von aussen regulirt werden kann, die Anziehung des Solenoids; der Eisenkern *M* geht in die Höhe und bewegt die Bremse, unterstützt durch das Gewicht des obern Kohlenhalters, langsam zurück; die Bremsscheibe *J* dreht sich nun ebenfalls, so dass die beiden Kohlenhalter sich einander nähern. Ist diese Bewegung so weit gegangen, als vorher die Bremse zurückgedreht wurde, so legt sich der untere Theil der Bremse gegen den Stift, der in das Loch *G* hineinragt. In Folge dessen dreht sich bei weiterer Schwächung des Stromes die Bremse in dem Gelenk *G*, der Bremsklotz *H* lässt die Scheibe *J* los und die Kohlenspitzen bewegen sich frei

gegeneinander. Dadurch verstärkt sich der Strom wieder, das Solenoid zieht wieder den Eisenkern *M* herab, die Bremse legt sich wieder auf die Scheibe, um sie entweder bloss festzuhalten, wenn die Kohlen der Stromstärke entsprechend richtig stehen, oder dieselben zurückzuholen, wenn sie einander zu nahe stehen.

Auf die beschriebene Weise wird ein ruhiges Abbrennen der Kohlen herbeigeführt; dieselben können bei einmaliger richtiger Adjustirung nie zu weit auseinander geholt werden und andererseits ist die Regulirung der Lampe doch nicht so empfindlich, dass kleine Stromschwankungen, wie sie bei dynamo-elektrischen Lichtmaschinen oder nicht ganz gleichförmig arbeitenden Motoren kaum zu vermeiden sind, eine Bewegung der Kohlenspitzen verursachen.

Die *Dornfeld*'schen Regulatoren sind seit 2½ Jahren auf dem *Krupp*'schen Etablissement in grösserer Zahl in Thätigkeit und drei Stück derselben sind im Winter 1878—1879 von Nachmittags 4 Uhr bis Morgens 8 Uhr, also täglich 16 Stunden, bloss unterbrochen durch das Einsetzen neuer Kohlenstäbe, in Thätigkeit gewesen und haben stets in befriedigender Weise functionirt.

In den meisten Fällen, in denen elektrische Beleuchtung angewandt wird, z. B. bei der Beleuchtung von Arbeitsräumen, freien Plätzen u. s. w., wird die Lampe ohne Hohlspiegel und ohne Linsen angewandt, und in solchen Fällen ist es unnöthig, den Lichtbogen immer auf derselben Stelle zu erhalten. Der untere Kohlenhalter kann dann feststehend angeordnet werden, und der obere Kohlenhalter fällt durch sein Gewicht herunter und wird mittels einer Schnur und der vorhin beschriebenen Bremse in seinen Bewegungen gehemmt und regulirt. Bei den nach dieser sehr vereinfachten Construction construirten *Dornfeld*'schen Lampen lassen sich leicht Kohlen verwenden, die 10—12 Stunden brennen. Lampen dieser Art gewähren den Vortheil, dass

sie weit weniger kosten, dass man nicht so oft neue Kohlen einzusetzen braucht und daher auch der Kohlenverbrauch erheblich geringer ist, als bei Lampen mit beispielsweise vierstündiger Brennzeit, weil man dann auf zwölf Stunden nur so viel Abfall hat, als sonst auf vier Stunden.

68. Die Stromverzweigung. Wenn, wie in Figur 104, einem aus irgend einer Stromquelle *B* kommenden elektrischen Strome *S* an irgend einer Stelle *a* der Leitung zwei oder mehrere Wege s_1, s_2 zu seinem weitern Fortgange dargeboten werden, die sich wieder in einem Puncte *b* vereinigen, so nennt man diese einzelnen Stromwege zwischen *a* und *b* Stromverzweigungen oder einfach Zweige. Der

Figur 104.

Die Stromverzweigung.

Strom *S* theilt sich im Puncte *a* in so viele Partialströme s_1, s_2 (Zweigströme), als ihm Zweige dargeboten werden, und nach der Wiedervereinigung aller dieser Zweige (in *b*) fliesst er in derselben Stärke *S*, welche er vor seiner Verzweigung besass, durch die Leitung weiter. Theorie und Erfahrung stimmen darin überein, dass die Stromstärken in je zwei Zweigen sich umgekehrt verhalten, wie die Widerstände, welche diese Zweige dem Durchgange des Stromes entgegensetzen.

Wenn die Widerstände der beiden Zweige einander gleich, also die Drähte der Zweige bei gleichem Querschnitte gleich lang sind, so sind die Zweigströme s_1 und s_2 auch einander gleich und jeder ist die Hälfte des unverzweigten

Stromes S. Sind dagegen die Widerstände der beiden Zweige nicht einander gleich, so ist die Stromstärke in demjenigen Zweige am kleinsten, in welchem der Widerstand am grössten ist; immer aber ist die Summe aller Zweigströme gleich dem unverzweigten Strome S.

Bezeichnet man die Widerstände in den beiden Zweigen der Fig. 104 mit w_1 und w_2, die Stromstärken in denselben entsprechend mit s_1 und s_2, so ist

$$s_1 : s_2 = w_2 : w_1 \text{ und}$$
$$s_1 + s_2 = S,$$

woraus ferner folgt, dass

$$s^1 = S \cdot \frac{w_2}{w_1 + w_2} \text{ und}$$
$$s_2 = S \cdot \frac{w_1}{w_1 + w_2}.$$

Der gesammte Widerstand beider Zweige ist gleich

$$\frac{w_1 \, w_2}{w_1 + w_2}.$$

Ist der eine Widerstand, z. B. in s_2, sehr klein im Verhältnisse zu dem andern Widerstande in s_1, besteht z. B. der Draht des Zweigstromes s_2 aus wenigen Spiralwindungen eines dicken Drahtes, dagegen für s_1 aus vielen Windungen eines dünnen Drahtes, so theilt sich der Strom S bei a in zwei ungleiche Theile, von denen der grössere Theil durch die kurze Spirale des dicken Drahtes abfliesst, während die andere Spirale fast stromlos bleibt. Schaltet man in den einen Zweig (s_1) eine elektrische Lampe mit Lichtbogen ein, so setzt dieser bekanntlich dem Durchgange des Stromes einen grossen Widerstand entgegen, dessen Grösse veränderlich und von der Länge des Bogens abhängig ist. Wenn dabei der Widerstand in der anderen Drahtspirale klein ist, so geht wieder der grösste Theil des unverzweigten Stromes S durch die letztere Drahtspirale, während nur ein kleiner Theil des Stromes durch denjenigen Drahtzweig geht, in welchem

sich der Lichtbogen befindet. Nimmt letzterer an Länge zu, so wächst auch der Widerstand in diesem Zweige; der durch die Lampe gehende Strom s_1 wird schwächer, während gleichzeitig der andere Zweigstrom s_2 an Stärke zunimmt.

Auf S. 255 haben wir der Uebelstände gedacht, welche das Einschalten mehrerer oder auch nur zweier elektrischer Lampen mit Lichtbogen in einen einzigen Stromkreis für die Regulirung einer jeden Lampe mit sich bringt; jede Aenderung in dem Widerstande einer einzelnen Lampe, jede regulirende Thätigkeit der Lampe selbst pflanzt sich sofort durch die allen Lampen gemeinschaftliche Leitung weiter und wirkt störend auf den Gang dieser letzteren ein. Uebelstände dieser Art lassen sich nur dadurch beseitigen, dass man die Lampen gewissermaassen von einander isolirt und sie von der allen gemeinschaftlichen Hauptleitung möglichst unabhängig macht, was nur auf dem Wege der durch Fig. 104 erläuterten Stromverzweigung ausführbar ist.

Denken wir uns in dem Zweigdrahte $a\ s_2\ b$ einen grossen Widerstand und in dem andern $a\ s_1\ b$ eine Lampe mit regulirbarem Lichtbogen eingeschaltet, so wird in dem Augenblicke, wo die Kohlenspitzen in den Lampen zusammenlaufen, der Widerstand w_1 in diesem Zweige sehr gering sein im Verhältnisse zu dem künstlichen grossen Widerstande des Drahtes $a\ s_2\ b$. Der grössere Theil des Stromes S geht dann durch die Lampe, der kleinere durch den künstlichen Widerstand $a\ s_2\ b$, doch so, dass hinter der Stromverzweigung von b aus der ganze Strom S durch die Leitung zu den folgenden etwa noch eingeschalteten Lampen weiter geht. Wie sich nun auch in Folge des Abbrennens der Kohlen der Lichtbogen und damit der Widerstand in der Lampe vergrössern mag, so hat dieses doch auf die Grösse des bei b wieder austretenden Stromes S so lange keinen Einfluss, als der volle bei a eintretende Strom über den andern Zweig $a\ s_2\ b$ ungehindert abfliessen kann, ohne sich dabei theil-

weise in Wärme umzusetzen. Die Ungleichheiten in den Widerständen und Stromstärken der beiden Drahtzweige gleichen sich innerhalb der Verzweigung zwischen *a* und *b* aus, so dass unter der angeführten Bedingung die Leitungsströme beim Eintritt in die Schleife bei *a* und beim Austritt aus derselben bei *b* dieselbe Stärke haben, und daher eine in einer solchen Schleife eingeschaltete Lampe durch ihre Regulirung keinen erheblichen Einfluss auf die in gleichen Schleifen derselben Leitung befindlichen anderen Lampen ausüben kann.

Aehnliches gilt auch, wenn statt der Lampen mit Lichtbogen Kohlenstäbchen, Platinspiralen oder überhaupt mehrere Glühlicht-(Incandescenz)-Lampen hintereinander in die Leitung eingeschaltet werden; das Abbrennen oder Schmelzen einer solchen glühenden Platinspirale führt keineswegs das Verlöschen aller anderen in derselben Leitung befindlichen Spiralen herbei, weil der Strom in derjenigen Lampe, wo das Abschmelzen stattfindet, seinen Umweg durch den nicht abgebrannten Drahtzweig nimmt. Findet in einem solchen Zweigdrahte eine gänzliche Unterbrechung der Leitung statt, z. B. beim zufälligen Erlöschen des Lichtbogens in einer Lampe oder beim Abschmelzen einer Platinspirale, so wird der Gesammtwiderstand in der Schleife grösser, als er früher war, wo beide Zweigdrähte noch den Strom leiteten. Der Strom in der ganzen Leitung wird dadurch geschwächt, aber die Leitung selbst nicht unterbrochen.

69. Die ersten Anwendungen der Stromverzweigung in der elektrischen Beleuchtung. — Theilung des elektrischen Lichtes. Die Ersten, welche von der Stromtheilung behufs Regulirung einer elektrischen Lampe Anwendung gemacht haben, scheinen *Laçassagne* und *Thiers* in Lyon gewesen zu sein. Im Jahre 1855 construirten sie einen Kohlenlicht-Regulator, in welchem das Nachschieben des einen Kohlenhalters dadurch bewirkt wurde, dass letzterer mit dem

Kolben eines verticalen eisernen Cylinders in Verbindung stand und in dem Maasse, als der Lichtbogen sich durch das Abbrennen der Kohlen vergrösserte, aus einem höher gestellten Reservoir Quecksilber unter Druck in den genannten Cylinder unterhalb des Kolbens einströmte und den Kolben mit dem Kohlenhalter in die Höhe schob. Der Zufluss dieses Quecksilbers durch den Verbindungsschlauch wurde durch zwei Elektromagnete und deren Anker regulirt, welche vermittelst eines Hebels auf den Schlauch drückten und seinen Querschnitt und damit den Zufluss des Quecksilbers selbst je nach dem Grade des ausgeübten Druckes veränderten.

Der eine Elektromagnet (I) war in den Hauptstrom eingeschaltet, welcher durch die beiden Kohlen ging und den Lichtbogen erzeugte; der zweite Elektromagnet (II) befand sich in einer vom Hauptstrome abgezweigten, aus zwei Rollen dünnen Eisendrahtes bestehenden Zweigleitung von grossem Widerstande, durch welche der das Licht gebende Hauptstrom nicht passirte. Sobald durch Oeffnen eines Hahns das Quecksilber des obern Reservoirs unter den Kolben des tiefer stehenden eisernen Cylinders durch den Verbindungsschlauch einströmte, wurde der Stromkreis geschlossen, der Anker des Elektromagnets I kräftig angezogen und der Schlauch so stark zusammengedrückt, dass kein Quecksilber überfloss. Es mussten nun die Kohlen zunächst mit der Hand so weit auseinandergerückt werden, dass sich der Lichtbogen bildete. Sobald derselbe die durch eine Regulirschraube zu fixirende Länge erreicht hatte, wurde der Hauptstrom schwächer, der Zweigstrom des Elektromagnets II dem entsprechend stärker, der Anker im Zweigstrom ebenfalls kräftiger angezogen und vermittelst des Hebels der Schlauch wieder so weit geöffnet, dass das Quecksilber sofort wieder überströmte und den Kolben sammt Kohlenhalter wieder hob. Damit aber erreichte der Elektromagnet I

wieder seine volle Anziehungskraft und das Spiel wiederholte sich so lange, bis die Kohlen verbrannt waren.

Die vorstehende Lampe regulirte ungemein regelmässig und empfindlich, so dass kein Zucken des Lichtes wahrnehmbar war; im Uebrigen litt sie an manchen Mängeln der Construction und besonders daran, dass man für die erste Entstehung des Lichtbogens die Kohlen mit der Hand von einander trennen musste. An eine Benutzung der Stromverzweigung zum Zwecke der Lichttheilung schienen die lyoner Chemiker nicht gedacht zu haben; die in den beiden Drahtzweigen eingeschalteten Elektromagnete dienten nur dazu, den Lichtbogen zu reguliren, wobei der Magnet I an die Stelle der in den neueren Regulatoren vorkommenden und der Wirkung des Regulir-Elektromagnets entgegenwirkenden Feder trat.

Der Erste, der die Zweigströme dazu anwandte, das durch den elektrischen Strom erzeugte Licht zu theilen, ist *de Changy* (Belgien). Das Licht wurde durch Glühen von Platinspiralen erzeugt (Glüh- oder Incandescenz-Licht s. 41), welche an verschiedenen Stellen der Leitung eingeschaltet waren, und das Abschmelzen derselben durch eine an jeder Spirale angebrachte, den Strom vertheilende Zweigleitung verhütet. In dem belgischen Patente hierüber heisst es ungefähr folgendermaassen: Nach einer Arbeit, welche der Erfinder seit 1852 über die elektrische Beleuchtung durch Glühen von unvollkommenen Leitern und namentlich von Platindrähten so wie über die Möglichkeit, den Strom einer Stromquelle zu theilen, unternommen hatte, ist er nach zahlreichen Versuchen zu der Ueberzeugung gelangt, dass diese Theilung nach einem Verfahren möglich ist, das auf folgendem Princip beruht. In dem Hauptstrome befindet sich ein Elektromagnet, dessen Windungen von dem Strome durchlaufen werden. Der aus diesen Windungen austretende Strom endigt im Drehpuncte des Ankers, von wo aus sich

der Strom verzweigt einerseits zu der Klemme der Platinspirale, die weissglühend gemacht werden soll, und andererseits zur Fortsetzung der Hauptleitung, wobei eine regulirbare Spannfeder den Anker stets vom Magnete in einer bestimmten Entfernung zu halten sucht. Sobald der durch die Platinspirale gehende Zweigstrom einen bestimmten Grad erreicht, dessen Ueberschreiten das Abschmelzen derselben zur Folge haben könnte, zieht der Elektromagnet seinen Anker an und unterbricht die Zweigleitung zur Spirale, wobei jedoch der Hauptstrom nicht unterbrochen wird und vom Drehpuncte des Ankers aus zur Hauptleitung weiter geht. Auf diese Weise lässt sich der Hauptstrom an beliebig vielen Stellen theilen, indem man zugleich im Verhältnisse zu der Anzahl dieser Theilpuncte, d. h. der glühend zu machenden Spiralen, den Strom verstärkt. Das Durchbrennen einer oder mehrerer Spiralen bleibt ohne störenden Einfluss auf die anderen, und man kann zum Zwecke dieser Regulirung entweder Elektromagnete und Anker oder Solenoide und Eisenkerne anwenden. Im Grunde beruht also die Möglichkeit der Theilung des Stromes nach *de Changy* darauf, dass es dem Strome gestattet ist, einen der leuchtenden Brenner zu überspringen, wenn er ein im Vorhinein durch Regulirung festgesetztes Maximum der Intensität erreicht hat.

Seit diesen ersten Anfängen der Benutzung von Zweigströmen zur Regulirung und zur Theilung des elektrischen Lichtes sind die hervorragendsten Elektriker bemüht gewesen, die einzelnen Regulirungs-Mechanismen zu vervollkommnen und zugleich die Widerstände der Zweige, in welche sich die Hauptleitung bei jedem Lichte theilt, richtig zu bemessen, wobei vor Allem ins Auge zu fassen ist, dass, wenn unter den in der Leitung befindlichen Lichtern eines erlischt und die Leitung in dem Lichtapparate unterbrochen ist, dem Hauptstrome immer noch ein anderer Zweig der

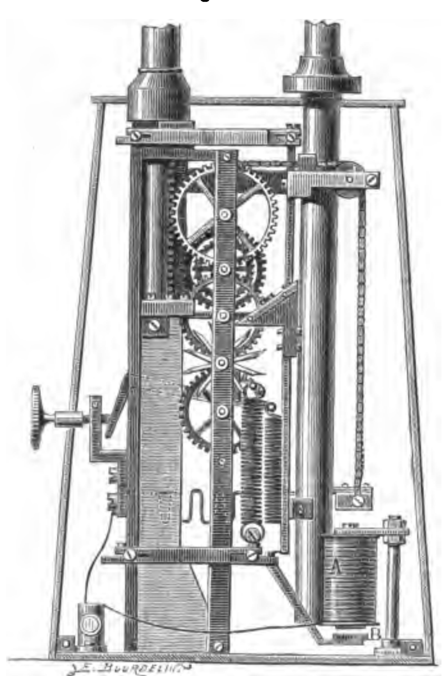
Leitung zur Verfügung stehe, auf welchem er zu den folgenden Lichtern weiter fliessen kann. Dieses Princip bleibt immer dasselbe, ob man für die Regulirung des Lichtes Elektromagnete mit Ankern und regulirbaren Abreissfedern, oder Solenoide mit einziehbaren Eisenkernen, oder beide Vorrichtungen zugleich anwendet. Die Einrichtung gestaltet sich etwas verschieden, je nachdem man Lampen mit variabeln Lichtbogen oder Glühlichtlampen, und zu ihrem Betriebe continuirliche oder Wechsel-Ströme anwendet. Nachdem schon früher Dr. *W. Siemens* einige Lampen hatte patentiren lassen, denen das Princip der Nebenschliessungen des Lichtbogens zur Regulirung desselben zu Grunde lag, und eine solche Lampe im Jahre 1873 auf der Welt-Ausstellung zu Wien ausgestellt hatte, gelang es 1878 fast gleichzeitig *Lontin*, *Mersanne* und *Fontaine* in Paris, das genannte Princip zur Regulirung und zur Theilung des Lichtbogens einer einzigen Stromquelle anzuwenden und somit mehrere Lampen derart in einer einzigen Leitung in Betrieb zu halten, dass keine durch ihre Regulirung störend auf die anderen einwirkte. In der neuesten Zeit hat *v. Hefner-Alteneck*, der rühmlichst bekannte Chef des Constructions-Bureaus der Firma *Siemens & Halske* in Berlin, durch Einführung einer neuen eigenthümlichen Differential-Einwirkung von zwei Zweigströmen und durch wesentliche Verbesserung des Lampen-Mechanismus überhaupt das lange gesuchte Problem der Theilung des elektrischen Lichtbogens in einer so vollkommenen Weise gelöst, dass nun wohl in der weiteren Verbesserung der elektrischen Lichtregulatoren für einige Zeit ein Stillstand eintreten dürfte. In dem Nachstehenden werden wir die wichtigeren Theile der genannten Lampen der Reihe nach besprechen.

70. Die Lampe von Lontin mit Stromtheilung kann sehr mannigfaltiger Art sein; das Wesentliche derselben ist die Art und Weise, wie die beiden Zweigströme, in welche sich

bei jeder Lampe der Hauptstrom vertheilt, zur Regulirung des Lichtbogens benutzt werden. Der eine dieser Ströme (der Lichtstrom) geht durch die beiden Kohlen, der andere umgeht die Kohlen und geht durch die Umwindungen eines Elektromagnets oder eines Solenoids. Beide bestehen aus einer hinreichend grossen Anzahl von Windungen eines dünnen Drahtes, die dem Strome einen sehr grossen Widerstand



Fig. 105.



Elektrische Lampe von Lontin.

darbieten. Der Anker des Elektromagnets oder der Eisenstab des Solenoids halten, so lange sie nicht angezogen werden, den zur Annäherung der beiden Kohlen dienenden Mechanismus in Ruhe. So lange die Kohlenspitzen die zur Bildung des Lichtbogens erforderliche richtige Entfernung haben, geht der Strom durch die Kohlen, und nur ein ver-

schwindender Theil desselben geht wegen des sehr grossen Widerstandes durch den Elektromagnet, der davon weiter nicht afficirt wird; wenn aber der Lichtbogen grösser wird, wächst sein Widerstand; der durch die Kohlen gehende Strom wird nun schwächer und in gleichem Maasse wird der um den Elektromagnet gehende Zweigstrom stärker, bis dieser endlich den Magnet in Thätigkeit versetzt und der Anker angezogen wird. Der Bewegungs-Mechanismus für die Kohlen wird hierdurch ausgelöst und bringt die letzteren wieder einander so nahe, als es für die Erhaltung des Lichtbogens erforderlich ist. Wenn dieses geschehen ist, geht der Hauptstrom wieder wegen des kleiner gewordenen Widerstandes der Kohlen durch diese letzteren; der Elektromagnet des Nebenzweiges verliert seine Kraft, der Anker fällt ab und sperrt den Bewegungs-Mechanismus für die Kohlen von Neuem.

Dieses Princip des Zweigstromes lässt sich auf alle Lichtregulatoren anwenden, welche die Entfernung der Kohlenspitzen selbstthätig bewirken. Die Figur zeigt eine solche von *Lontin* angegebene Einrichtung für die *Serrin*'sche Lampe. (Fig. 83, S. 221.) Ein Vergleich der Fig. 105 und Fig. 83 lässt den Bewegungs-Mechanismus der Kohlen und den Elektromagnet so wie die Unterschiede beider Lampen sofort erkennen. Der Strom, welcher in die Klemme links eintritt, spaltet sich hier in zwei Zweige, von denen der eine durch die beiden Kohlen und dann zur Austrittsklemme, der andere aber sich nach dem Elektromagnet und zu derselben Austrittsklemme abzweigt. Zuerst, wenn der Strom in die Lampe eingelassen wird und die Kohlen sich noch nicht berühren, geht der ganze Strom durch den Elektromagnet; der Anker wird angezogen, der dreieckig geformte Sperrzahn gehoben und das Sternrad frei gemacht. Der obere Kohlenhalter kann nun herabsinken und das Räderwerk in Bewegung setzen. Die Kohlenspitzen nähern sich und kommen zur Berührung. Sofort geht nun der grösste

Theil des Stromes durch die Kohlen und nur ein kleiner Theil desselben passirt noch den Elektromagnet, zu klein, um den Anker angezogen zu halten. Derselbe fällt ab und zieht die Balance mit dem Sperrzahn, zugleich aber auch den untern Kohlenhalter herab. Die Kohlenspitzen entfernen sich von einander und es entzündet sich der Lichtbogen, während zugleich das Räderwerk durch den herabgezogenen Sperrzahn arretirt wird und so lange still stehen bleibt, bis durch das Abbrennen der Kohlen der Lichtbogen einen zu grossen Widerstand bekommt, der Zweigstrom des Elektromagnets überwiegt, der Anker von Neuem angezogen wird, der Sperrzahn in die Höhe geht und das Laufwerk wieder in Bewegung tritt.

Die Empfindlichkeit dieser Lampe mit der Stromtheilung von *Lontin* ist bedeutend grösser, als bei dem gewöhnlichen *Serrin*'schen Apparate.

71. Die Lampe von Mersanne ist für eine Brennzeit von 16 Stunden construirt und unterscheidet sich daher von den anderen Lampen hauptsächlich in der Führung der 75 cm langen Kohlenstäbe, die nicht in besonderen Kohlenhaltern befestigt sind, sondern durch zwei Gleitbüchsen geführt werden, in denen sie zwischen Frictionsrollen frei hindurchgehen. Das Uhrwerk, welches durch mehrere Uebertragungen sowohl auf die beweglichen Büchsen als auch auf die in ihnen enthaltenen Gleitrollen einwirkt, braucht 36 Stunden, um während des langsamen Entgegenrückens der Kohlen abzulaufen.

Auch hier hat der durch die Kohlen gehende Hauptstrom eine Abzweigung, in welcher sich zwei Elektromagnete befinden; der eine von ihnen dient dazu, die Kohlen von einander zu trennen, wenn sie zusammenlaufen; der andere bewirkt die genaue Einstellung der beiden Gleitbüchsen derart, dass die Kohlenstäbe stets genau vertical übereinander stehen.

Wenn die Lampe nicht in Thätigkeit ist, sind die Kohlenspitzen gewöhnlich von einander entfernt; wenn nun die Lampe geht, treten beide Elektromagnete in Wirksamkeit, weil der ganze Strom durch den Zweigdraht geht. Der eine Elektromagnet zieht seinen Anker an und trennt die inzwischen durch das Uhrwerk zusammengeführten Kohlenspitzen von einander, so dass der Lichtbogen entsteht; der andere regulirt das Uhrwerk, so dass auch bei verschiedenen Stromstärken der Lichtbogen stets die richtige Länge behält. Sobald letzterer hergestellt ist, verlässt der Strom die Zweigleitung fast ganz und geht zum grössten Theile durch die Kohlen, welche ihm einen weit geringern Widerstand entgegensetzen, als die feinen Drähte um die Elektromagnete. Umgekehrt verlässt der Strom zum grossen Theile den Zweig der Kohlen, wenn der Lichtbogen anfängt zu gross zu werden; der Strom des andern Zweiges nimmt an Intensität zu, der Elektromagnet des Uhrwerks tritt wieder in Wirksamkeit und löst das Laufwerk, die Kohlen nähern sich wieder u. s. w.

Die Lampen von *Mersanne,* die sowohl für fixe Lichtbogen wie für solche, welche durch das Abbrennen der Kohlen immer tiefer rücken, construirt werden, wirken sehr regelmässig 16 Stunden lang, ohne dass während dieser Zeit ein Einsetzen neuer Kohlen nöthig ist. In der neuesten Zeit werden sie in Paris zur öffentlichen Beleuchtung mehrfach angewandt.

72. Die Lampe von Fontaine ist speciel für die elektrische Beleuchtung grosser Plätze, von Hallen und grossen Fabrikräumen, überhaupt für solche industrielle Zwecke construirt, bei denen ein fixer Lichtbogen nicht erforderlich ist. Ihre wesentlichen Theile sind in Figur 106 abgebildet.

Der Regulirungs-Mechanismus besteht aus drei Elektromagneten *A*, *B*, *C*, einem oscillirenden verlängerten Anker *D*, einigen durch das Uebergewicht des obern positiven Kohlen-

Fig. 106.



Regulator von Fontaine.

halters in Bewegung zu setzenden Zahnrädern nebst Gesperre und einer auf den Anker von *C* wirkenden Spiralfeder *G*.

Die bei der rechtsseitigen Klemme in die Lampe eintretende Leitung verzweigt sich innerhalb derselben in drei Zweige. In einem dieser Zweige, der nicht durch den Lichtbogen geht, befindet sich der Elektromagnet *A*; der Elektromagnet *B* befindet sich dagegen in einem zweiten Zweige (punctirt gezeichnet), der den Lichtbogen passirt, während der Hauptzweig, der ebenfalls durch den Lichtbogen geht, den Elektromagnet *C* enthält.

Der Anker von *C* ist mit dem untern Kohlenhalter fest verbunden und wird in der Ruhe durch die kräftige Spiralfeder *G* von dem Magnetpol entfernt gehalten. Kommt der Magnet *C* zur Wirkung, so wird der Anker an- und damit die untere negative Kohle herabgezogen; dabei ist die Feder *G* so kräftig, dass sie die obere Kohle vermittelst des Räderwerks mit in die Höhe hebt. Dieser Vorgang tritt ein, wenn sich die Kohlen während ihres Ganges berühren, und dient zur anfänglichen Erzeugung des Lichtbogens.

Der Ankerhebel *D* schwingt um die Achse *O*; er trägt einen kleinen Sperrzahn *F*, welcher die Bewegung des Windflügels hemmt, wenn die Anziehung von *B* die von *A* überwiegt.

Die untere (negative) Kohle hat, wie man sieht, nur die zur anfänglichen Bildung des Lichtbogens erforderliche kleine Bewegung, bleibt aber sonst während der Thätigkeit der Lampe stehen, so dass der Lichtbogen sich nicht an derselben Stelle des Raumes erhält, sondern nach und nach immer tiefer zu stehen kommt. Dieser Umstand ist jedoch für die oben bezeichneten Zwecke der Beleuchtung nicht von Nachtheil, da das Herabsinken des Lichtes nicht über 8 cm beträgt.

Bei dem ersten Eintreten eines Stromes in die Lampe geht, wenn die Kohlen sich noch nicht berühren, der Hauptstrom durch den Elektromagnet *A* und wegen des sehr grossen Widerstandes in dem punctirt gezeichneten Zweige nur ein kleiner Theil durch *B*. Der Anker *D* wird daher von *A* angezogen, der Sperrzahn *F* geht herunter und lässt das Räderwerk frei. Unter dem Uebergewichte des obern Kohlenhalters setzt sich letzteres in Bewegung und die Kohlen laufen bis zur Berührung zusammen.

In dem Augenblick, wo diese Berührung Statt findet, theilt sich der Strom zwischen *C*, *A* und *B*. Der Strom in *A* nimmt ab und *B* tritt in Wirksamkeit; der Anker *D* fällt ab und wird von *B* herabgezogen; damit hebt sich der Sperrzahn *F* und hemmt die Bewegung der Räder und der Kohlen. Der Elektromagnet *C* tritt ebenfalls in Wirksamkeit, zieht den Anker und damit den untern Kohlenhalter um einige Millimeter herunter, so dass sich der Lichtbogen bilden kann. Ueberschreitet in Folge der Verbrennung der Kohlen der Lichtbogen eine bestimmte Gränze, so nimmt die Stärke des durch den Lichtbogen und durch *B* gehenden Stromes ab, während gleichzeitig die Stärkung des durch *A* gehenden Zweigstroms zunimmt, bis der Moment kommt, wo die Anziehung von *A* die von *B* überwiegt, der Zahn *F* wieder herabgeht und das Räderwerk wieder frei wird; der obere Kohlenhalter setzt nun dieses wieder in Bewegung und bringt die Kchlen wieder näher an einander. Aber eben hierdurch wächst wieder der durch *B* und den Lichtbogen gehende Zweigstrom, so dass die Anziehung von *B* die von *A* überwiegt, der Anker *D* von *B* angezogen, der Sperrzahn gehoben und das Laufwerk arretirt wird.

Die Regulirung der Lampe erfolgt dadurch, dass man mittelst einer auf dem obern Deckel angebrachten Schraube den Elektromagnet *A* mehr oder weniger dem zwischen *A* und *B* schwebenden Anker nähert.

Wie in der Lampe von *Lontin* und von *v. Hefner-Alteneck* (mit Differentialstrom) hat dieses System den Vortheil, dass es die Möglichkeit bietet, die Stromstärke innerhalb gewisser Gränzen variiren zu können, ohne dadurch das regelmässige Arbeiten der Lampe zu beeinflussen. Eben hierdurch wird es auch möglich, mehrere Lampen hintereinander in einen und denselben Stromkreis einzuschalten, ohne dass das Reguliren in der einen Lampe einen erheblichen Einfluss auf die übrigen ausübe.

Eine vollständige Unabhängigkeit der einzelnen Lampen von einander wird durch die Zweigströme allerdings nicht erreicht, weil die Kraft der Elektromagnete den Veränderungen der Stromstärke, die durch die Schwankungen in der Länge des Lichtbogens entstehen, nicht proportional ist. Unglücklicherweise werden nun aber die Elektromagnete hauptsächlich von der Menge der durch die Umwindungen strömenden Elektricität beeinflusst, wogegen der Lichtbogen vorzugsweise von der Spannung des Stromes abhängt. Gleichwohl gelingt es bei guter Regulirung der Lampen, mehrere Räume durch eine einzige Lichtmaschine unter Anwendung eines continuirlichen Stromes zu beleuchten.

73. Siemens-Halske's Differential-Lampe für getheiltes elektrisches Licht (System *v. Hefner-Alteneck*) beruht wie bei *Lontin* und *Fontaine* im Wesentlichen darauf, dass an die Stelle der Gewichts- oder Federkraft, welche der Kraftäusserung des elektrischen Stromes entgegenwirkt, um die Länge des Lichtbogens unverändert zu erhalten, die Anziehung einer zweiten Drahtspule (Solenoids) oder eines Elektromagnets gesetzt wird, welcher von einem Zweigstrome durchlaufen wird. Ausserdem sind alle Theile des ganzen Regulir-Mechanismus so äquilibrirt, dass ausser der genannten Gegeneinanderwirkung der beiden Spulen oder Elektromagnete keine andere Kraft auf die beweglichen Theile thätig ist.

Die Einzelheiten der Lampe lassen sich nach diesem Princip, wie bereits aus den früheren Paragraphen ersichtlich ist, in sehr verschiedener Weise ausführen; wir geben in dem Nachstehenden nur diejenigen Mechanismen an, welche in der sogenannten Differential-Lampe für die Praxis eine feste Gestalt angenommen haben.

In der schematischen Fig. 107 ist der Stromlauf und die Stromverzweigung für eine solche Lampe dargestellt. *R* ist eine hohle Rolle dickern Drahtes, *T* eine zweite, aus feinem Drahte und vielen Umwindungen bestehende ähnliche Spule von grossem Widerstande. In beiden Spulen befindet sich ein Eisenstab *S*, *S*, deren gemeinsames Verbindungsstück

Fig. 107.

Stromlauf in Siemens' Differential-Lampe.

durch einen Hebel *C C'* mit dem obern Kohlenhalter *A* verbunden ist, während der untere Kohlenhalter *B* fest steht.

Wie sich aus der Figur ergibt, verzweigt sich der aus der Leitung bei *L* in die Lampe eintretende Strom in zwei Zweige, von denen der eine durch die untere Spule mit dickerm Drahte und durch die beiden Kohlen, beziehungsweise durch den Lichtbogen, der andere durch die obere Spule mit dünnem Drahte unter Umgehung der Kohlen ver-

läuft, so dass beide Zweige sich beim Austreten aus der Lampe wieder zu einer gemeinsamen Leitung vereinigen.

Die Stromstärke in diesen beiden Stromzweigen ist nach 78 umgekehrt proportional den Widerständen der Zweige und es erfolgt die Regulirung des Lichtbogens, da das ganze bewegliche System durchaus äquilibrirt ist, durch die alleinigen Wirkungen der beiden Spulen *R* und *T*, von denen die erstere den Eisenstab *S* stets nach unten, die andere entgegengesetzt stets nach oben zu ziehen strebt, mit anderen Worten, die Regulirung der Lampe erfolgt lediglich durch die Differentialwirkung der beiden elektrischen Zweigströme in den beiden Spulen.

Die Wirkungsweise dieser Ströme und Spulen ist nun folgende: Der bei *L* eintretende Strom findet die Kohlenstäbe in beliebiger Stellung zu einander vor, z. B. weit von einander getrennt. In diesem Falle hat die obere dünndrähtige Spule *T* vollen Strom, da der andere, durch die dickdrähtige Spule *R* gehende Zweig an der Trennungsstelle der Kohlenstäbe unterbrochen ist. Die Spule *T* zieht also den Eisenstab *S* in sich hinein und bringt die Seite *C'* des um *D* drehbaren Hebels *CC'* in ihre unterste Stellung. In dieser Lage löst sich der obere allein bewegliche Kohlenhalter *A* (wie sogleich näher wird gezeigt werden) von dem Hebelarm *C'* los und fällt gegen die untere Kohle herunter, wobei die Geschwindigkeit dieses Falles durch ein kleines Echappement mit Pendel gemässigt wird. In dem Momente, wo die Kohlen sich treffen, geht der grösste Theil des Stromes durch die Kohlen und die untere Spule *R* mit dickerm Drahte, während der Zweig, in welchem sich die dünndrähtige Spule *T* befindet, fast stromlos wird.

Durch die überwiegende Anziehung der unteren Spule wird der Stab *S* nach unten gezogen; es hebt sich der Hebelarm *C'* und es stellt sich sofort die vorher gelöste Verbindung zwischen dem Hebel *C'* und dem Kohlenhalter *A*

wieder her; die Kohlenstäbe gehen auseinander und der Lichtbogen wird entzündet.

In Folge des in dem Stromkreise der Spule *R* hinzutretenden Widerstandes des Lichtbogens, welcher mit der Länge des Bogens zunimmt, wächst der Strom wieder in der dünndrähtigen Spule *T*, während er in *R* schwächer wird, bis bei einem bestimmten Widerstande des Bogens sich die von *R* und *T* auf *S* ausgeübten Anziehungen das Gleichgewicht halten. Es brennen nun die Kohlenstäbe langsam ab, aber die gleiche Bogenlänge stellt sich immer wieder her, indem die Gleichgewichtslage bei einer entsprechend höheren Stellung des Eisenstabes eintritt. Es steigt also dieser langsam in die Höhe, während der Hebelarm *C'* mit dem obern Kohlenhalter sich senkt. Ist der Hebelarm *C'* in seiner untersten Stellung angelangt, so löst sich seine feste Verbindung mit dem Kohlenhalter; derselbe fällt langsam herunter, jedoch nur sehr wenig, da die eintretende Verkürzung des Lichtbogens wieder das Aufwärtsgehen des Hebelarmes *C'* zur Folge hat und sich daher die Kuppelung zwischen ihm und dem obern Kohlenhalter wieder herstellt. Der Eisenstab spielt von nun an nahezu in seiner höchsten, der Hebelarm *C'* dem entsprechend nahe in seiner tiefsten Lage nur um ein Geringes auf- und abwärts, wobei in kurzen Intervallen die obere Kohle um so viel nachfällt, als zum Ausgleiche der Verbrennung der Kohlenstäbe nöthig ist. Wird durch irgend welchen Vorgang im Stromkreise ausserhalb der Lampe die Stromstärke verändert, so bringt dieses an sich in der Lampe keine Bewegung hervor, weil dabei die Stromstärken in beiden Zweigen um ein gleich Vieles ihrer früheren Stärke ab- oder zunehmen, also die einander entgegengesetzten Anziehungen auf *S* sich aufheben und das Gleichgewicht ungestört bleibt.

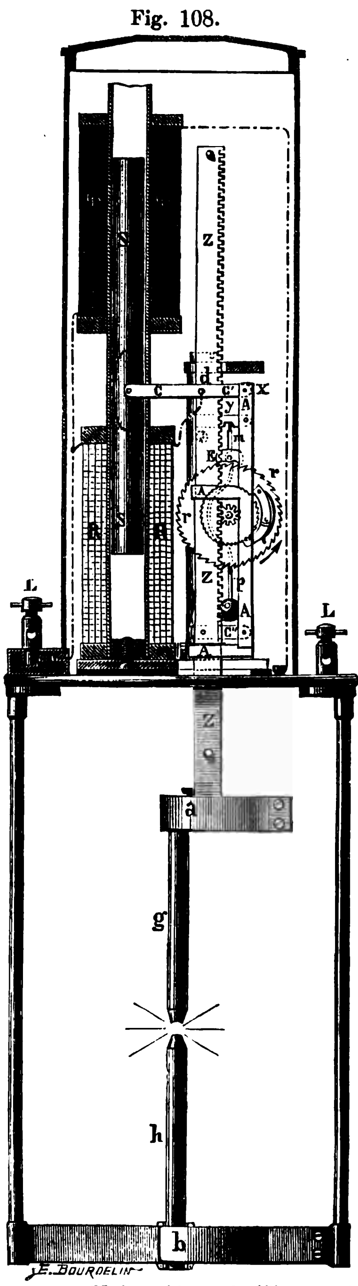
Für die Grösse des Widerstandes, auf welchen der Lichtbogen gebracht wird, ist das Verhältniss der Wirkungen

von *R* und *T* auf *S* maassgebend. Dieselbe wird daher vorbestimmt durch geeignete Auswahl des Widerstandes und der Zahl der Umwindungen auf den beiden Spulen, oder indem man den Stab *S* in die eine der beiden Spulen mehr oder weniger eintauchen lässt. Zu diesem Zwecke kann die obere Spule in eine höhere oder tiefere Stellung gebracht und in derselben befestigt werden.

In Fig. 108 ist die Differential-Lampe im Durchschnitt dargestellt unter Weglassung der unwesentlicheren Theile. Man ersieht daraus, dass der Kohlenhalter *a* mit der ihn tragenden Zahnstange *Z* nicht unmittelbar an den um den festen Punct *d* drehbaren Hebel *c c'* angehängt ist, wie dieses in der schematischen Fig. 107 angedeutet war. Die Zahnstange *Z* hat vielmehr ihre Führung in dem Theile von *A*, welcher an dem Hebelende *c'* angehängt und durch eine Gelenkstange *c''* an seinem untern Ende so geführt ist, dass er bei den Schwingungen von *c c'* nur parallel mit sich auf und ab bewegen kann. Die Zahnstange kann an dem Theile *A* nur langsam abwärts gleiten, indem sie dabei das Steigrad *r* und das kleine Echappement *E* in Bewegung und dadurch das Pendel *p* mit seinem nach oben gehenden Arme in Schwingung setzen muss, welche Theile sämmtlich an dem Stücke *A* gelagert sind und mit ihm auf- und abwärts gehen.

In einer gehobenen Lage des Stückes *A* ist der Arm *m* durch eine Kerbe in dem kleinen Hebel *y*, welcher bei *x* gleichfalls an dem Stücke *A* gelagert ist, festgehalten und damit das Echappement arretirt und die Zahnstange mit dem Stücke *A* verkuppelt. Wenn aber das Stück *A* und damit der Hebel *y* sich seiner untersten Stellung nähert, so wird der letztere durch einen am Gestelle festsitzenden Stift ausgehoben und das Echappement und damit die Zahnstange *Z* vom Stücke *A* frei, worauf in der bereits vorhin beschriebenen Weise die nöthige Nachschiebung der oberen Kohle sich bewerkstelligt.

Fig. 108.



Differential-Lampe von v. Hefner-Alteneck (Siemens-Halske's Patent.)

Man sieht hieraus, dass auch bei der *Siemens-Halske*'schen Anordnung der Zweigströme die Einschaltung mehrerer Lampen in einen einzigen Stromkreis zulässig ist, weil jede durch den Lichtbogen einer Lampe hervorgerufene mässige Stromschwankung ohne Einfluss auf die übrigen Lampen bleibt und jede Lampe unabhängig von den anderen ihren Lichtbogen auf eine genau gegebene, bestimmte Länge und Helligkeit einstellt.

Wenn bei dem Betriebe mehrerer Lampen in einem Stromkreise an einer Lampe die Kohlenstäbe abgebrannt sind, so würde zwar trotz der entstehenden Unterbrechung die Leitung noch durch die dünndrähtige Spule der betreffenden Lampe geschlossen bleiben, der Strom jedoch nunmehr durch den grossen Widerstand eine solche Schwächung erfahren, dass die übrigen Lampen des ganzen Stromkreises schlecht brennen würden. Es ist desshalb noch ein besonderer Contact angebracht, welcher beim Verlöschen einer Lampe diese sofort selbstthätig aus dem Stromkreise ausschliesst, ohne die Leitung zu unterbrechen.

Derjenige Theil des Stromes, welcher durch die Nebenschlussspule mit dünnem Drahte läuft, geht wie bei den übrigen Lampen mit Stromverzweigung natürlich für die Lichtentwickelung verloren; doch ist dieser Verlust so ausserordentlich gering, dass er weder für das blosse Auge noch für das Photometer wahrnehmbar ist, wie denn auch der Unterbrechungsfunken, welchen der schwache Strom in der dünndrähtigen Spule erzeugt, sehr klein ist.

Die vorbeschriebene Construction der Differential-Lampe ist für die allgemeinen Beleuchtungszwecke bestimmt, und daher ist auch der Regulir-Mechanismus nach oben gelegt, so dass er nach unten keine Schatten wirft; aus demselben Grunde ist auch von der Erhaltung des Lichtbogens auf derselben Stelle des Raumes abgesehen. Zum Betriebe der Differential-Lampe verwenden *Siemens & Halske* ihre in 64

beschriebene Wechselstrom-Maschine. Während es jedoch nicht rathsam ist, mehr als vier *Jablochkoff*'sche Kerzen in einen Stromkreis zu legen, kann man die Differential-Lampen in fast beliebiger Zahl hintereinander einschalten. Die Gränze dafür liegt nur in der hohen Spannung, auf welche man die Wechselstrom-Maschine einrichten muss, und in der daraus erwachsenden Gefahr des Durchschlagens der Isolation in der Maschine. Es werden jedoch jetzt schon 20 Lampen in einem Stromkreise betrieben, ohne dass irgend ein Nachtheil dabei eingetreten ist.

C. Die elektrischen Kerzen.

74. Die Jablochkoff'schen Kerzen (S. 243) erfreuen sich gegenwärtig, obgleich sie keine wesentlichen Veränderungen erfahren haben, einer sehr ausgebreiteten Anwendung aus dem einfachen Grunde, weil sie ohne weitere Hülfsmittel den elektrischen Lichtbogen erzeugen und zu seiner Erhaltung keinerlei Regulirungsvorrichtung bedürfen. Die grösseren Theater zu Paris, Lyon, Petersburg u. s. w., zahlreiche Vergnügungslocale in den grösseren Städten aller Länder Europas, so wie eine grosse Zahl von Fabriken jeder Art verschaffen sich ihre Beleuchtung durch die *Jablochkoff*'sche Kerze. Bei Eröffnung der Winter-Saison 1879—1880 betrug die Zahl der von der *Société génerale d'Électricité* installirten Kerzen über 3000, und die Werkstätten dieser Gesellschaft haben neuerdings sehr umfangreiche Erweiterungen erfahren. Leider haben sich die mit dieser Beleuchtungsart verbundenen Uebelstände noch nicht beseitigen lassen, wozu besonders kommt, dass die Kerzen nur bei einer ganz bestimmten Stromstärke regelmässig brennen und immer die Gefahr des Erlöschens aller Kerzen vorhanden ist, wenn eine Kerze schlecht brennt oder die Stromstärke auch nur einen Moment um ein Geringes fällt. Diesen Uebelständen gegenüber und mit Rücksicht darauf, dass die Kohlenstäbe

in den Lampen eine viel grössere Brenndauer besitzen als in den Kerzen, und dass bei den letzteren das öftere Erneuern der abgebrannten Kohlen durch besondere Umschalter, so wie die Anlage der mehrfachen Leitungen mit Umständlichkeiten und Kosten verbunden ist, lässt sich behaupten, dass die Beleuchtung durch Lampen mit Stromverzweigung, insbesondere durch die *Siemens-Halske*'schen Differential-Lampen von hoher Vollendung, trotz des hinzukommenden Regulir-Mechanismus, sich nicht bloss weit einfacher im Betriebe, sondern auch billiger in der Anlage gestaltet, als die elektrische Kerzenbeleuchtung. Zur Beseitigung des Wärmeverlustes, der mit dem Schmelzen des die beiden Kohlen der Kerze trennenden Isolirungsmittels verbunden ist, haben mehrere Erfinder Kerzen construirt, in denen das feste Isolirungsmaterial wegfällt und durch eine Luftschicht ersetzt ist. *Rapieff*, *Siemens*, *Nysten*, *de Méritens*, *Thurston*, *Wilde* und Andere haben auf diese Weise die elektrische Kerze vereinfacht, doch scheint es nicht, dass diese Verbesserung von grossem praktischem Werthe gewesen ist.

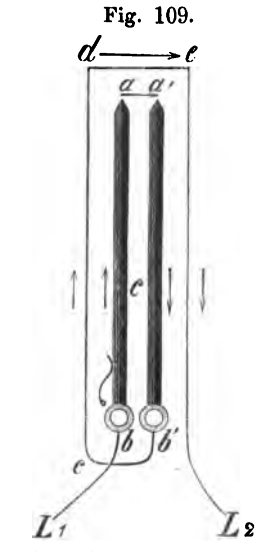
Von grösserer Bedeutung dürfte die von *Jamin* construirte elektrische Kerze werden, über welche der Erfinder selbst der pariser Akademie der Wissenschaften am 17. März 1879 Folgendes mitgetheilt hat:

„Der elektrische Lichtbogen, der zwischen zwei Kohlenspitzen erscheint, ist ein wirklicher elektrischer Strom. (S. 190.) Unterwirft man ihn dem Einflusse eines benachbarten Stromes, eines Solenoids oder eines Elektromagnets, so äussern diese eine Einwirkung, die den *Ampère*'schen Gesetzen entspricht und mit derjenigen identisch ist, welche sie auf einen an die Stelle des Lichtbogens gebrachten metallischen Leiter ausüben würden. Da aber die Masse der Materie, welche den Lichtbogen bildet, ausserordentlich gering ist, so folgt er auch den äusseren Einflüssen sehr leicht; man kann ihn anziehen, abstossen, an einem Puncte festhalten, ihn drehen,

kurz, alle Versuche mit ihm anstellen, die man mit den beweglichen, von einem Strome durchlaufenen metallischen Leitern in der Physik anstellt. . . .

Ich bringe zwei Kohlen *a b*, *a' b'* (Figur 109), die mit den Polen einer Batterie oder einer *Gramme*'schen Maschine in Verbindung stehen, nebeneinander an und bilde bei *C* mittels eines kleinen Kohlenstäbchens den Lichtbogen, indem ich beide Kohlen erst berühre und das Stäbchen dann ent-

Fig. 109.



Elektrische Kerze von Jamin.

ferne. Ich bringe hierauf hinter *C* den Nordpol oder vor *C* den Südpol eines Magnets oder auch beide zugleich. Es ist bekannt, dass nach dem Gesetze von *Biot* und *Savart* das Strom-Element *C* sich nach rechts von dem betrachteten Nordpol bewegen muss, und dieses zeigt der Versuch auch wirklich dadurch, dass sich der Lichtbogen sofort bis zur Basis *b b'* der beiden Kohlen bewegt, dagegen aufwärts bis zur Spitze *a a'* steigt, wenn man den Magnet umdreht. Er bleibt dann stehen, aber er verändert seine Form, krümmt sich und breitet sich unter ziemlich starkem sonórem Brummen

in Blattform aus. Ist der Magnet stark genug, so erscheint der Bogen wie von unten nach oben geblasen, nimmt die Form einer langgestreckten Flamme an und verschwindet dann ganz.

Dasselbe Resultat erhält man, wenn man die beiden Kohlen mit einem Rechteck $c\ d\ e\ L_2$ umgibt, welches von demselben Strome durchflossen wird. Jeder Theil dieses Rechtecks trägt (nach den dynamischen Gesetzen der elektrischen Ströme) dazu bei, den Lichtbogen anzuziehen und in die Höhe zu bringen, wenn der Strom in den Kohlen, dem Lichtbogen und dem Rechteck dieselbe Richtung hat, oder ihn abzustossen und herunterzudrängen, wenn diese Richtungen entgegengesetzt sind. Je mehr Windungen man dem äussern Drahte gibt, um so kräftiger wirkt er auf den Lichtbogen anziehend oder abstossend; vier Windungen genügen jedoch, um denselben in $a\ a'$ zu fixiren und an den Kohlenspitzen festzuhalten, welche Lage man auch den Kohlen selbst geben mag, selbst wenn man sie nach unten richtet.

Hiernach ist klar, dass man den Bogen in $a\ a'$, d. h. in den Enden der Kohlen, festhalten und das isolirende Zwischenmaterial entbehren kann. Wendet man einen continuirlichen Strom von gleichbleibender Richtung an, so strahlt die positive Kohle immer mehr Licht aus und nutzt sich schneller ab als die negative; dabei bleibt der Lichtbogen an ihrer Spitze und rückt mit dieser allmählich tiefer herab. Die negative Kohle brennt nur an der inneren, der anderen Kohle zugewandten Seite, ab; sie wird immer dünner, aber sie behält ihre ganze Länge, so dass sie zum zweiten Male verwendet werden kann. Bei Anwendung von Wechselstrom-Maschinen bleibt der Lichtbogen ebenfalls an der Spitze der Kohlen; diese brennen dann, wie bei der *Jablochkoff*'schen Kerze, gleichmässig ab und sind immer gleich lang.

Um den ersten Lichtbogen zwischen den Kohlen zu erzeugen, versehe ich diese an ihrem untern Ende mit zwei

Gelenken *b b'*, um welche sie sich ein wenig drehen können, und mit einer Feder, welche sie an der Spitze mit einander in Berührung bringt. Geht nun ein Strom durch die Kohlen und das Drahtrechteck, so stossen sich erstere ab, weil sie von parallelen und entgegengesetzten Strömen durchlaufen werden. Ausserdem zieht *c d* die Kohle *a*, *e* L_2 die Kohle *a'* an, wogegen *c d* die Kohle *a'* und *e* L_2 die Kohle *a* abstösst. In Folge dieser einfachen Wirkung trennen sich die Kohlen sofort von einander und bilden beim ersten Durchgange des Stromes den Lichtbogen; so lange der Strom andauert, bleiben die Kohlen in der richtigen Entfernung von einander und kommen erst wieder zur Berührung, wenn der Strom aufhört zu circuliren. Das Ganze bildet daher eine ganz automatische Kerze, die nur einen einfachen Sockel erfordert; das Anzünden, die Regulirung des Lichtbogens auf die richtige Länge und das Erhalten des Bogens an den Enden der Kohlen erfolgen bloss unter der Einwirkung elektromagnetischer Kräfte. Es ist klar, dass diese Kräfte dem Quadrate der Stromstärke proportional sind und immer hinreichend stark gemacht werden können.“

Jamin hat ferner Versuche darüber angestellt, ob die grosse Hitze des Lichtbogens nicht dazu verwendet werden könne, die Lichtstärke, die im Bogen selbst bekanntlich viel geringer ist als an den Kohlenspitzen, zu vergrössern. Er leitete zu diesem Zwecke den Lichtbogen auf Stücke von Kreide, Kalk, Magnesia, Zirkon oder einer anderen feuerbeständigen Substanz und fand, dass in der Hitze des Bogens die Oberfläche dieser Körper glühend wird und in diesem Zustande nicht bloss als Reflector des Kohlenlichtes dieses nach unten wirft, sondern auch noch als eine neue Lichtquelle zu dem Lichte der Kohlen hinzutritt.

Denayrouze in Paris, der Vertreter der Gesellschaft zum Vertriebe der *Jablochkoff*'schen Kerze, hat die *Jamin*'sche Kerze angekauft und ist gegenwärtig mit Versuchen be-

schäftigt, dieselbe praktisch zu gestalten und demnächst zur öffentlichen Beleuchtung einer der Vorstädte von Paris anzuwenden.

D. Die Glühlicht-(Incandescenz-)Lampen.

75. Das Glühen der Körper. Wenn es sich darum handelt, ein oder mehrere Lichter von sehr grosser Intensität zu erzeugen, so ist man auf den elektrischen Flammenbogen mit der Regulator-Lampe oder auf die elektrische Kerze angewiesen, in denen das Licht dadurch entsteht, dass sich eine sehr bedeutende Quantität Elektricität in Folge des grossen Widerstandes, welchen eine zwischen den Kohlenspitzen befindliche Luftschicht dem Durchgange der Elektricität entgegensetzt, in Wärme umsetzt und diese Wärme die Kohlen bis zum Verdampfen weissglühend macht. In dem Maasse, als man diese zwischen den Kohlen befindliche Luftschicht kleiner macht, wird der Widerstand derselben auch kleiner, und es reicht dann schon ein Strom von geringerer Intensität hin, den Widerstand zu überwinden und einen kleinern Lichtbogen von geringerer Leuchtkraft zu erzeugen. Es zeigt sich dabei, dass, wenn man den Abstand der Kohlen ganz oder beinahe ganz unterdrückt, die Erscheinungen verschieden ausfallen, je nachdem man den Kohlen gleiche oder ungleiche Querschnitte gibt.

Werdermann hat den letztern Fall eingehend untersucht und ist dabei zu folgenden Resultaten gelangt. Wenn man den Querschnitt der positiven Kohle nach und nach verkleinert und den der negativen vergrössert, so nimmt die an der letzten bei gleichen Querschnitten stets auftretende Rothgluth immer mehr ab, wogegen die an der positiven Kohle sich entwickelnde Hitze im Verhältnisse zu der Abnahme des Querschnittes zunimmt. Der elektrische Strom überwindet dann nicht mehr den Abstand der Kohlen mit derselben Leichtigkeit, als bei Kohlen mit gleichen Quer-

schnitten, und um den Lichtbogen zu erhalten, müssen die Kohlenenden einander näher gebracht werden, damit der Strom die noch zwischen ihnen befindliche Luftschicht überwinden könne.

Geschieht dieses, so zeigt sich im Strome das Bestreben, die Querschnitte beider Kohlen gleich zu machen; je grösser dabei die Differenz zwischen diesen Querschnitten ist, um so kleiner muss man ihren Abstand nehmen, um eine allzu grosse Erbreiterung der positiven Kohle zu verhüten, und gleichzeitig muss man zu demselben Zwecke den Strom etwas abschwächen, die Tourenzahl der Lichtmaschine also etwas verringern. Man kommt dabei bald an eine Gränze, wo der Abstand der beiden Kohlen unendlich klein wird, d. h. wo die Kohlen sich berühren. Dieses tritt ein, wenn die Querschnitte der positiven und negativen Kohle sich verhalten etwa wie 1 zu 64; die negative Kohle erhitzt sich dann fast gar nicht und erleidet daher auch keine Abnahme; nur die positive Kohle nutzt sich ab und verbrennt langsam unter einem sehr schönen ruhigen Lichte so lange, als eine innige Berührung zwischen den beiden Kohlen Statt findet.

Man kann darüber streiten, ob dieses Licht ein reines Glühlicht ist oder ob es von einem allerdings nicht sichtbaren, unendlich kleinen Lichtbogen ausgestrahlt wird; doch unterscheidet sich dasselbe so sehr von dem Lichte des gewöhnlichen Flammenbogens, dass die auf diesem Princip gebauten Lichter gewöhnlich zu der Classe der Glühlicht- oder der Incandescenz-Lampen gerechnet werden.

Anderer Art sind diejenigen Glühlichter, welche auf der Erscheinung beruhen, dass ein elektrischer Strom bei seinem Durchgange durch einen schlechten Leiter diesen erwärmt (41) und ihn unter Umständen bis zu dem Grade erhitzt, dass er weissglühend wird.

Da man bei der praktischen Anwendung dieses Princips nur solche Substanzen wählen darf, bei welchen die Tempe-

ratur des Schmelzens höher liegt, als die des Weissglühens, oder, wo dieses nicht zutrifft, die Erhitzung und die Licht-Emission nicht bis zum Schmelzpuncte getrieben werden darf, so bleibt die Wahl dieser Stoffe gegenwärtig nur auf Drähte oder Streifen von Platin oder auf Legirungen von Platin und Iridium, platinirten Asbest, so wie auf dünne Stäbchen oder Blätter von Kohle beschränkt.

Wir werden daher in dem Folgenden unterscheiden zwischen Glühlichtern mit unvollkommenem Contacte und solchen mit unvollkommener Leitungsfähigkeit oder mit grossem Widerstande, d. h. mit dünnen Drähten oder Blättchen der genannten schwer schmelzbaren Metalle oder Kohle.

Zu den Glühlichtern der ersteren Classe gehören die Lampen von *Regnier*, *Werdermann*, *Marcus* u. A., zu denen der letzteren Classe die Lampen von *de Changy*, *Lontin* und *Edison*.

Die meisten Substanzen schmelzen oder zersetzen sich, wenn ihre Temperatur über 1000° C. steigt.

Bei 250° C. nennt man einen Körper schon **heiss**.
„ 525° „ sendet er reichlich Wärmestrahlen aus und im Dunkeln ist er rothglühend.
„ 700° „ sendet er ausserdem noch aus **dunkelrothe** Strahlen,
„ 800° „ „ „ „ „ „ **dunkelkirschrothe** „
„ 900° „ „ „ „ „ „ **kirschrothe** „
„ 1000° „ „ „ „ „ „ **hellrothe** „
„ 1100° „ „ „ „ „ „ **dunkelorange** „
„ 1200° „ „ „ „ „ „ **hellorange** „
„ 1300° „ „ „ „ „ „ **gelbe** „
„ 1500° „ „ „ „ „ „ **hellblaue** „
„ 1700° „ „ „ „ „ „ **dunkelblaue** „
„ 2000° „ „ „ „ „ „ **violette** „

Die Mischung aller dieser gleichzeitig ausgestrahlten Farben gibt bekanntlich weisses Licht, so dass man sagen kann, dass jeder Körper bei einer Temperatur von 2000° C. und mehr alle im Sonnenlichte enthaltenen Strahlen aussendet.

Die Schmelzpuncte der meisten Metalle liegen unter oder sehr wenig über dieser Gränze und nur Platin und Iridium schmelzen bei 2000° bis 2500° C.; Kohle ist bei unseren irdischen Temperaturen überhaupt nicht schmelzbar. Nach *Tyndall* strahlen die rothglühenden Metalle bedeutend mehr Wärme als Licht aus; durchschnittlich betragen die Lichtstrahlen nur 5 %, die Wärmestrahlen 95 % der gesammten Ausstrahlung. Je höher jedoch die Temperatur steigt, desto grösser ist verhältnissmässig die Lichtausstrahlung, woraus folgt, dass man das Glühlicht nur bei sehr hohen Temperaturen von sehr schwer schmelzbaren Stoffen einigermaassen vortheilhaft erzeugen kann, und dass der Kohle unbedingt der Vorzug gebührt vor dem Platin. Dazu kommt, dass die Kohle bei gleicher Temperatur ein viel grösseres Strahlungsvermögen besitzt als Platin, und dass die Wärmecapacität des Platins bedeutend grösser ist als die der Kohle, d. h. dass eine weit grössere Menge Wärme nöthig ist, um das Platin auf eine gegebene Temperatur zu bringen, als dieses bei der Kohle der Fall ist, ausserdem noch, dass die Kohle ein schlechterer Leiter ist als das Platin und man daher im Vergleich zum Platin dickere Kohlenstäbchen nehmen darf, ohne dadurch die Temperatur zu erniedrigen; endlich ist die Kohle unschmelzbar und kann auf die höchste Weissgluth gebracht werden, ohne dass Gefahr vorhanden ist, dass die Leitung durch Abschmelzen unterbrochen werde.

76. Die Glühlicht-Lampe von Regnier. Gleichzeitig mit *Werdermann* hatte der Franzose *Regnier* über das Glühen von Kohlen mit ungleichen Querschnitten eine Reihe von Versuchen angestellt und eine Glühlicht-Lampe construirt, welche zwar anfangs noch complicirt war, weil in derselben ein dünnes Kohlenstäbchen durch ein Uhrwerk beständig gegen eine dickere Kohle angepresst werden musste, die jedoch so günstige Resultate gab, dass der Erfinder auf ihre Vereinfachung bedacht war und schliesslich zu dem Modell

kam, welches in Fig. 110 abgebildet ist. Demselben liegt folgendes Princip zu Grunde.

Wenn ein dünnes Kohlenstäbchen in der Richtung seiner Achse gegen ein grösseres Stück Kohle angedrückt wird und in der Nähe des Contactpunctes einen seitlichen Druck von einem andern Kohlenstäbchen erfährt, so kommt das zwischen den beiden Contactpuncten liegende Stück des dünnen Kohlenstäbchens unter der Einwirkung eines hinlänglich starken Stromes zum Weissglühen und verbrennt, während das auf die dickere Kohle drückende Ende sich zuspitzt. In dem Maasse, wie sich das Stäbchen durch diese Verbrennung abnutzt, wird es durch einen in seiner Achse darauf wirkenden Druck weiter geschoben, wobei es stets an dem seitlichen Contacte vorbeigleitet und auf der dickeren Kohle aufruht. Dadurch, dass die Kohle sich mit dem Sauerstoff der Luft verbindet und verbrennt, wird Wärme entwickelt und dadurch der Effect des elektrischen Glühens noch erheblich erhöht.

Die nach diesem Princip von *Regnier* gegenwärtig construirten Lampen (Fig. 110) bestehen im Wesentlichen aus folgenden Theilen. Das dünne positive Kohlenstäbchen steckt in dem obern Querarm einer viereckigen Messingstange, welche im Innern des Lampenständers zwischen vier kleinen Messingröllchen durch das eigene Gewicht herabsinkt. Die negative Kohle hat die Form einer kreisrunden Scheibe und wird von einer den obern Theil des Lampenständers umfassenden und von den metallischen Theilen dieses Ständers völlig isolirten Gabel gehalten; die Gabel selbst ist ausserdem um einen Zapfen in der Achse der Tragsäule drehbar.

Das Kohlenstäbchen geht etwas oberhalb der Kohlenscheibe an einem kupfernen Gleitröllchen vorbei und erhält dadurch für den untern Theil seine Führung; zwischen diesem Gleitröllchen und der Kohlenscheibe aber befindet sich der seitliche Contact, der durch einen kleinen in einem

Figur 110.



Glühlicht-Lampe von Regnier.

drehbaren Hebel eingespannten und durch sein Gewicht gegen das positive Kohlenstäbchen drückenden dickern Kohlenstift hergestellt wird.

Der Strom tritt an der linksseitigen Klemme in die Lampe ein, geht durch den ganzen Lampenkörper und von dem oberhalb der Kohlenscheibe anfedernden dickern Kohlenstift in das kurze untere Stück des verticalen Kohlenstäbchens, sodann in die negative Kohlenscheibe und in die vom Gestelle isolirte Gabel, endlich durch einen (in der Figur sichtbaren) dicken Leitungsdraht zur negativen Polklemme und zur Leitung weiter.

Die Gabel liegt mit ihrem hintern Ende auf einem kleinen Hebel auf, der gegen den viereckigen obern Kohlenträger drückt. Dieser letztere hat das Bestreben, durch sein Gewicht herabzufallen, wird aber dadurch, dass das verticale Kohlenstäbchen an der Kohlenscheibe seitlich aufliegt, am Fallen gehindert und kann nur dadurch sehr langsam heruntergleiten, dass das obere Kohlenstäbchen abbrennt. Die obere Kohlenspitze liegt jedoch nicht in derselben Verticalen, in welcher die Achse der Kohlenscheibe sich befindet, sondern seitlich um 30^0 davon entfernt, so dass durch die Wirkung der tangentialen Seitenkraft des verticalen Drucks zugleich eine langsame Drehung der Kohlenscheibe bewirkt wird, was nothwendig ist, um das Ansammeln von Asche des darüber befindlichen Kohlenstäbchens zu verhüten. Andererseits wirkt das Gewicht des Kohlenträgers auch durch die drehbare Gabel und den Hebel als Bremse und verhindert das zu rasche Herabsinken und das Abbrechen der Spitze des glühenden Kohlenstäbchens.

Die Kohlenstäbchen haben einen Durchmesser von 2 mm bei einer Länge von 30 cm und halten bei einer mässigen Stromstärke zwei Stunden vor. Nach *Fontaine* gab eine solche Lampe mit einer Batterie von 12 *Bunsen*'schen Elementen ein Licht von 15 bis 20 Becs-Carcel. (S. 193.)

Erwähnenswerth ist ferner eine Versuchsreihe, die derselbe Ingenieur mit mehreren in denselben Kreislauf hintereinander eingeschalteten *Regnier*'schen Lampen unter Anwendung einer *Gramme*'schen Maschine angestellt hat.

Die Maschine machte 920—930 Touren in der Minute. Zwischen der Maschine und den Lampen befand sich ein Kupferdraht von 100m Länge und 3mm Durchmesser. Die angewandten Kohlenstäbchen von *Carré* (S. 202) hatten einen Durchmesser von 2mm; die Strecke des leuchtenden Theiles zwischen den beiden Contacten betrug 5 bis 6mm.

Es ergaben sich folgende Resultate:

Zahl der hintereinander eingeschalteten Lampen.	Ausschlag des Galvanometers.	Lichtstärke jeder einzelnen Lampe in B.-Carc.	Summe der Lichtstärke in allen Brennern in B.-Carc.
5	25°	15	75
6	22°	13	78
7	20°	10	70
10	15°	5	50

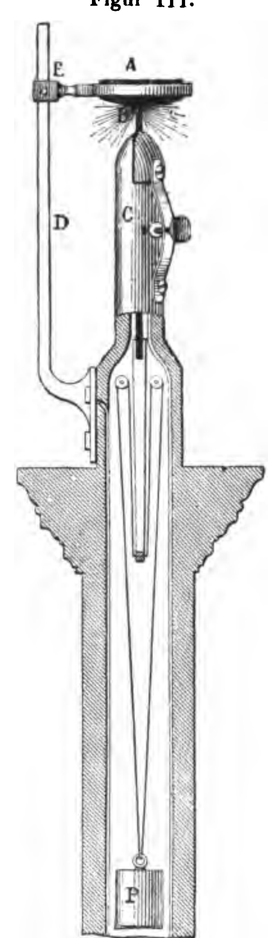
Ein *Serrin*'scher Regulator gab unter den gleichen Verhältnissen eine Lichtstärke von 320 B.-Carc.

Die *Regnier*'sche Lampe empfiehlt sich für schwächere Lichtstärken durch Einfachheit der Construction, Leichtigkeit in der Handhabung und durch niedrigen Preis, so dass sie für die Zwecke der physicalischen Cabinette und der Laboratorien, welche keine Lichtmaschinen besitzen und nur über Stromstärken mittlerer Grösse verfügen können, auch in ihrer jetzigen Construction gute Dienste leistet.

77. Die Glühlicht-Lampe von Werdermann stimmt im Princip mit der von *Regnier* überein; sie unterscheidet sich aber von dieser wesentlich dadurch, dass die etwa 4cm breite, 2cm dicke kreisrunde negative Kohlenscheibe *A* (Fig. 111) an die höchste Stelle der Lampe gesetzt ist und das dünne positive Kohlenstäbchen *B* von 3mm Durchmesser in verticaler Richtung von unten her gegen die Kohlenscheibe ange-

drückt wird. Die Scheibe *A* ist von einem Kupferringe eingefasst, der durch einen Arm *E* an dem seitlichen, von der Lampe gut isolirten Träger *D* gehalten wird. Unterhalb der Kohlenscheibe *A* befindet sich der Halter und Führer *C*

Figur 111.



Glühlicht-Lampe von Werdermann.

für das positive Kohlenstäbchen; er hat einen beweglichen Backen, der durch die Regulirfeder beständig gegen das Kohlenstäbchen gedrückt wird, um einen guten Contact her-

zustellen. Das Kohlenstäbchen steckt mit seinem untern Ende in einer Röhre von Kupfer, mit welcher es unter Einwirkung des Gewichtes *P* mit Hülfe zweier über feste Röllchen laufender Schnüre oder Kettchen in die Höhe geschoben und mit seiner oberen Spitze unter mässigem Drucke gegen die Kohlenscheibe angepresst wird.

Obgleich der Erfinder in England und in Frankreich öffentlich wiederholt Versuche im Grossen angestellt und sogar nachgewiesen hat, dass 10 dieser Lampen in paralleler Schaltung durch eine einzige *Gramme*'sche Lichtmaschine, ohne sich zu stören, ruhig brennen können, wobei jede Lampe ein Licht von etwa 40 Kerzen gibt, so ist dieselbe gegenwärtig doch noch nicht zur öffentlichen Beleuchtung in Betrieb genommen worden. Neuerdings sind jedoch abermals umfassende Veranstaltungen in der Grossen Oper zu Paris getroffen worden, um die *Werdermann*'schen Lampen mit den *Jablochkoff*'schen Kerzen vergleichen zu können. Man wirft den ersteren wohl nicht mit Unrecht vor, dass ihr Licht mehr ein Glühlicht als das eines Lichtbogens und daher der Lichtverlust bei denselben grösser ist als bei den elektrischen Kerzen. Man wird jedoch wohl thun, mit einem Urtheile über die verschiedenen hierüber erstatteten und sich widersprechenden Berichte zurückzuhalten, bis der mit der Prüfung der Versuche beauftragte pariser Architekt *Garnier* seinen amtlichen Bericht erstattet haben wird.

78. Die Glühlicht-Lampe von Marcus in Wien unterscheidet sich von der Lampe *Regnier* (76) nur durch einige unwesentliche Abänderungen in der Construction und bedarf daher keiner eingehenden Beschreibung. Statt der negativen Kohlenscheibe wendet *Marcus* einen Kohlencylinder an, dessen Achse und Lager mit einem Schraubengewinde versehen werden kann, um dem Cylinder gleichzeitig mit der Drehung um seine Achse eine fortschreitende Bewegung in horizontaler Richtung zu geben, was da von Vortheil ist, wo die

Lampe für eine sehr lange Brenndauer bestimmt ist. Der positive Kohlenstab wird von zwei Rollen geführt und unter dem Drucke einer mit einem leichten Gewichte beschwerten Stange beständig nach unten geschoben und excentrisch gegen die Oberfläche des Kohlencylinders angedrückt.

79. Die Glühlicht-Lampe von Lontin ist im Grunde von der bereits im Jahre 1852 von *de Changy* in Brüssel construirten und auf S. 366 beschriebenen Einrichtung nicht verschieden. Der Apparat besteht aus einer Spirale von 1mm dickem Platindrahte, welche zwischen zwei dünnen Kupferstäbchen eingespannt ist. Es ist nicht gleichgültig, wie die Spirale gewunden wird, da die Intensität des Glühens erst dann ihr Maximum erreicht, wenn die einzelnen Windungen sich beinahe berühren. Bei einer zu grossen Stromstärke würde der Platindraht schmelzen, und dieses wird durch eine besondere Regulirvorrichtung derart verhütet, dass man es in der Gewalt hat, dem Strome einen Nebenweg um die Spirale anzuweisen, wenn seine Intensität einen bestimmten Grad erreicht hat, dessen Ueberschreiten für den weissglühenden Draht gefährlich wird.

Der Regulator besteht aus einem vertical stehenden einschenkeligen Elektromagnet, dessen Anker angezogen wird, sobald die genannte Gränze erreicht ist. Letzterer wird durch eine Abreissfeder von dem Magnetpol entfernt gehalten, so lange der Strom jene Gränze noch nicht erreicht hat, und es geht dann der volle Strom durch die Platinspirale und den Elektromagnet. Wird jedoch die Stromstärke zu gross, so zieht der Magnetpol den Anker an, und es kommt durch die metallische Berührung zwischen Anker und Magnetpol der Schluss einer Zweigleitung zu Stande, durch welche nur noch ein Theil des Stromes den frühern Weg durch den Platindraht beibehält, während der grössere Theil des Stromes den Weg durch den metallischen Kern des Elektromagnets nimmt und die Drahtumwindungen des letzteren umgeht.

Die Temperatur des Platindrahtes nimmt sofort ab und das Abschmelzen wird verhütet; der Elektromagnet verliert seine Anziehungskraft und die Feder zieht den Anker wieder zurück. Eben hierdurch aber hört der Zweigstrom auf, da seine Leitung zwischen Anker und Magnetkern unterbrochen ist, und der Strom geht nun wieder durch die Platinspirale und den Elektromagnet. Dieses Spiel wiederholt sich unter beständigem Vibriren des federnden Ankers, wenn die Abreissfeder mit der Stromstärke oder der anziehenden Kraft des Elektromagnets im Gleichgewichte ist.

Lontin hat diesen Regulator angewandt, um 10 einfache kurze Platinspiralen, deren Draht 1mm dick und 2cm lang war, auf der Rampe eines Theaters weissglühend zu erhalten und vor dem Schmelzen zu schützen. Das Hinzufügen einer elften Spirale war an den übrigen gar nicht zu bemerken, so dass nicht zu zweifeln ist, dass eine weit grössere Zahl solcher Glühlichter mit dem Regulator in Betrieb gehalten werden könnten. Die zehn Lichter verbrauchten nur $^1/_6$ der gesammten von der Maschine gelieferten Kraft. Es ist leicht einzusehen, dass diese mit der Construction von *de Changy* im Wesentlichen übereinstimmende Einrichtung von *Lontin* für eine öffentliche Beleuchtung oder auch nur für die Beleuchtung grösserer Räume ohne alle praktische Bedeutung ist.

80. Die Glühlicht-Lampen von Edison. An den Namen *Thomas A. Edison* zu Menlo-Park (New Jersey, America) knüpfen sich einige beachtenswerthe Erfindungen von praktischem Werthe auf dem Gebiete der elektrischen Telegraphie, mehrere recht interessante Entdeckungen auf dem Gebiete der Akustik (Telephon, Mikrophon, Tasimeter, Phonograph), zahlreiche Patente über allerlei Erfindungen und eine unglaubliche Reclame auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung. Wir haben es hier nur mit dem letztern Gegenstande zu thun, und da möchten wir alle Versuche *Edison's* sowohl bezüglich der Lichtmaschinen als der elektrischen Lampen

am liebsten mit Stillschweigen ganz übergehen, einestheils weil sie nichts neues von Bedeutung enthalten und sich ohne Ausnahme auf längst bekannte Dinge und Vorgänge beziehen, die bei uns in Europa seit vielen Jahren auf das Eingehendste untersucht und allseitig erkannt worden sind, anderntheils weil *Edison* unter dem Einflusse einer Actien-Gesellschaft steht, welche sich nicht scheut, aus rein pecuniären Interessen die unreifen Früchte seiner Arbeiten mit einem Nimbus zu umgeben, den sie nicht verdienen, und die auf dem besten Wege ist, die früheren Arbeiten *Edison's* in den Schatten zu stellen und ihn selbst und sein erfinderisches Talent bei allen Sachverständigen in Misscredit zu bringen.

Nachdem seine Bemühungen, die Lichtmaschinen zu verbessern, vollständig gescheitert waren und er sich entschliessen musste, die bei uns längst eingebürgerten, auf dem *Siemens'*-schen dynamo-elektrischen Princip beruhenden Maschinen zu adoptiren, warf er sich mit einem anerkennenswerthen Eifer auf die Verbesserung der elektrischen Lampen und die Theilung des elektrischen Lichtes. Man kann nur annehmen, dass ihm damals die deutschen, russischen und französischen Arbeiten über das Glühlicht noch unbekannt waren; es würde sonst unerklärlich sein, dass der erfinderische Mann sich zwei Jahre hindurch mit dem Problem der Theilung des elektrischen Lichtes durch Glühen von Platinspiralen oder Kohlenblättern hätte beschäftigen und dulden können, dass die in Europa längst bekannten Resultate dieser Arbeiten durch die Actionäre seiner Gesellschaft und durch Zeitungsschreiber als neu, eigenthümlich und von höchster praktischer Anwendbarkeit ausposaunt wurden, um gleich darauf wieder in Vergessenheit zu versinken.

Die erste *Edison*'sche Glühlampe war im Wesentlichen nichts anderes, als die auf S. 366 beschriebene Platinlampe von *de Changy* und hatte, wie Fig. 112 zeigt, folgende Construction.

Figur 112.

Edison's Glühlampe mit Platinspirale.

Auf einem Sockel *g f* ruht der Kasten *e*, der den Glascylinder *b* trägt, in dessen Innern die doppelt gewundene Spirale *a* aus Platindraht angebracht ist. In der Höhlung der Spirale befindet sich ein Metallstäbchen *x x'*, welches den Platindraht nicht berührt und mit seinem obern Ende durch die Schraube *d* festgeklemmt, dagegen mit seinem untern Ende in dem Kasten *e* an dem bei *o* drehbaren isolirten Messinghebel *s* leitend befestigt ist. Wenn kein Strom durch die Lampe geht und die Stange *x x'* ihre normale Länge hat, berührt das linke Ende des Hebels *s* die darunter befindliche Contactschraube nicht; wenn sich aber durch die Erwärmung der glühenden Platinspirale diese Stange ausdehnt, wird der Hebel *e* niedergedrückt und sein Ende mit der Schraube in Verbindung gebracht. Die Enden der Platinspirale sind in den Messingsäulchen *C*, *C* befestigt, während die rechtsseitige Säule durch den Draht *m* mit dem Messingdeckel des Glascylinders und dadurch mit dem Metallstabe *x x'*, das linksseitige Säulchen durch einen Draht mit der Klemme *k* und dem —Pol der Lichtmaschine in Verbindung steht. Ausserdem aber steht noch die unter dem Hebel *s* liegende Contactschraube mit derselben Polklemme *k* dadurch in Verbindung, dass sie in demselben Metallstücke ihre Führung hat, in welchem der nach der —Polklemme *k* führende Draht befestigt ist.

Der elektrische Strom tritt aus der Lichtmaschine bei + *P* in die Lampe ein, geht über *h* und *p* durch den Hebel *e* und den Metallstab *x x'*, so wie durch den Draht *m* in die Platinspirale *a* und weiter zur linken Klemme *C* und durch den linken Draht zur Klemme *k* und zum —Pol der Lichtmaschine. Der Strom bringt die Platinspirale sofort zum Weissglühen, wobei sich die Metallstange *x x'* mehr und mehr ausdehnt. Erreicht die Temperatur des Platindrahtes die Höhe, bei welcher er in Gefahr kommt, zu schmelzen, so tritt der Endpunct des Hebels *s* mit der darunter befindlichen Contact-

schraube in Berührung und bildet dadurch für den Strom einen kurzen Schluss. Letzterer umgeht nun fast ganz den Platindraht und geht zum grössten Theile durch den Hebel *s* direct zur negativen Polklemme *k*. Die Temperatur der Spirale nimmt daher ab, der Stab $x\ x'$ zieht sich zusammen und trennt den Hebel wieder von der Contactschraube, das Glühen der Spirale nimmt wieder zu und so wiederholt sich das Spiel so lange, als der Spiraldraht unverändert bleibt.

Da der Platindraht unter der Einwirkung der atmosphärischen Luft und der hohen Temperatur oxydiren und sehr bald sein Widerstand, und damit bei derselben Stromstärke auch die Licht-Intensität sich ändern würde, so pumpt *Edison* den Glascylinder luftleer, was vor ihm bereits *King* (1845) und *Konn* (1875) ebenfalls gethan hatten. Aber auch diese Maassregel schützt den Platindraht nicht vor der allmählichen Zerstörung. Abgesehen davon, dass es kaum möglich ist, bei der beständigen Abwechselung von sehr hoher und niedriger Temperatur im Innern des Glascylinders diesen allseitig luftdicht zu erhalten, verflüchtigt sich auch der weissglühende Platindraht nach und nach und wird immer dünner, bis er denn schliesslich trotz der regulirenden Thätigkeit des Hebels doch abschmilzt.

Als diese Lampe als unpraktisch bei Seite gesetzt war, unternahm *Edison* eine eingehende Untersuchung über die Ursachen der geringen Haltbarkeit der Platinspiralen und fand, dass der gewöhnliche Platindraht in seinen Poren Luft enthalte, welche bei der Erhitzung entweicht und dadurch dem glühenden weichen Drahte mikroskopische Risse beibringt und das metallische Gefüge auflockert. Wenn man daher dem Platindrahte vor seiner starken Erhitzung durch langsames Glühen im luftleeren Raume die Luft entzieht, so soll das Metall weit härter und dadurch befähigt werden, einer sehr hohen Weissgluth zu widerstehen. Aber auch diese Wahrnehmung hat die Glühlicht-Lampe *Edison's* um

keinen Schritt weiter gebracht; sie ruht heute unter seinen vielen anderen unbrauchbaren Einrichtungen und wird wohl nie wieder auferstehen.

Edison machte nunmehr eine Entdeckung, die vor Jahren von dem englischen Physiker *Joule* gemacht worden ist und die sich gegenwärtig in jedem Lehrbuche der Physik findet, dass die von einem gegebenen Strome in einem Leiter erzeugte Wärme von der Grösse des Widerstandes dieses Leiters abhängig ist. (41.) Es wurden daher die Spiralen von Platin, von Iridium und seinen Legirungen bei Seite gesetzt und statt derselben die alten Versuche von *King*, *Lodyguine*, *Konn*, *Bouliguine* u. A. mit dünnen Stäbchen und Blättchen von Kohle wieder aufgenommen. (42, 43.) Die Zeitungen berichteten, dass nun endlich *Edison* durch einen glücklichen Zufall den richtigen Weg gefunden habe, auf welchem er zu einer wirklich praktischen, d. h. brauchbaren, dauerhaften und noch dazu billigen elektrischen Glühlampe gekommen sei. Mit einem Locheisen, so lauten die Nachrichten, wird aus Bristol-(Carton-)Papier ein Streifen in der Form eines Hufeisens von 5 cm Länge und 3 mm Breite ausgestampft. Eine gewisse Anzahl solcher Streifen wird zwischen Eisenplatten in einem Ofen verkohlt, bis alle gasigen Bestandtheile daraus ausgetrieben sind, und darauf bei einer höheren Temperatur in einem besondern Muffelofen nochmals ausgeglüht. Hierauf werden die kleinen, sehr zerbrechlichen, nunmehr nur noch ein Kohlengewebe darstellenden Hufeisenblättchen sorgfältig losgelöst und an Platindrähten in einem kleinen Glasballon befestigt; schliesslich wird letzterer luftleer gemacht. Wenn ein kräftiger elektrischer Strom durch den Kohlenstreifen geleitet wird, erglüht derselbe sehr intensiv und strahlt ein ruhiges weisses Licht aus; die Papierkohle wird nicht verzehrt, so behaupten die Zeitungs-Nachrichten; sie erweist sich als sehr widerstandsfähig und dauerhaft, und gibt je nach der Stromstärke und der Zahl

der in einem Kreise enthaltenen Lampen ein Licht bis zu 30 Gasbrennerstärken.

Es ist nicht einzusehen, dass die *Edison*'sche dünne Papierkohle sich dauerhafter erweisen sollte, als die russischen dickeren Kohlenstäbchen, die ebenfalls im luftleeren Raume weissglühend wurden, aber dennoch in einiger Zeit unter der gewaltigen Einwirkung der Hitze und des elektrischen Stromes sich verflüchtigten, nach und nach zerstäubten und durch die feinen an die Glaswand der Umhüllung sich ansetzenden Kohlenpartikelchen das Glas trübten. Auch in den neuen Lampen wird es nicht gelingen, die Glasglocken bei der fortwährenden Einwirkung der Hitze und der nachfolgenden Abkühlung luftdicht zu erhalten; selbst wenn die Verdünnung der Luft bis auf ein Milliontel Atmosphäre getrieben wird, wie dieses durch die neueren Quecksilberpumpen geschehen kann, bleiben doch noch so viele Luftpartikelchen in der Glasglocke übrig, dass es nur eine Frage der Zeit ist, um die zarten Fasern des weissglühenden Kohlenpapiers zu zerstören und zu zerstieben. So kamen denn auch schon den ersten pomphaften Ankündigungen der americanischen Journale über die endlich geglückte Construction einer dauerhaften Kohlenlampe die Mittheilungen nachgehinkt, dass *Edison* grosse Schwierigkeiten finde, seine Lampen luftdicht zu halten, dass daher die Anfertigung derselben vorläufig eingestellt sei und weitere Versuche angestellt werden müssen. Nach den allerneuesten Nachrichten aus America lässt die Kohlenlampe *Edison's* von Tag zu Tag grössere Mängel erkennen.

Bei aller Achtung vor dem Talente *Edison's* und bei voller Anerkennung seiner Leistungen auf anderen Gebieten müssen wir es doch offen aussprechen, dass er weder an den Lichtmaschinen irgend eine Verbesserung angebracht, noch dass er auf dem Gebiete der elektrischen Lampen irgend ein nennenswerthes Resultat erzielt habe. Die Zeit-

schrift „Der Techniker“ scheint uns das Richtige zu treffen, wenn sie sagt, dass alle die sensationellen Veröffentlichungen der Tagespresse nur auf unlauteren Motiven beruhen, bei denen *Edison* sich vielleicht gar nicht betheiligt hat oder wider Willen sich betheiligen musste. Wir glauben, dass *Edison* durch das ungeduldige Drängen der Actionäre der „*Edison Electric Light Co.*“ mit den bisher gewonnenen gänzlich ungenügenden Resultaten seiner Arbeiten vorzeitig an die Oeffentlichkeit treten musste, um damit gewissen Börsenspeculationen Vorschub zu leisten. So traurig diese Annahme auch ist, so können wir uns nicht gegen dieselbe verschliessen. Wir hatten bessere Resultate erhofft und glaubten durch das Hingeben *Edison's* an die Lösung dieser gewaltigen Aufgabe der allgemeineren Anwendung der elektrischen Beleuchtung näher zu kommen; wir hofften jedenfalls im Stande zu sein, anerkennenswerthe Fortschritte berichten zu können; so aber müssen wir zu unserm Bedauern gestehen, dass wir der erhofften Theilung des elektrischen Lichtes durch *Edison* nicht näher gerückt sind, dass vielmehr die Sache der elektrischen Beleuchtung durch ihn in den Augen des Publicums bedeutend geschädigt worden ist.

E. Uebertragung von Kraft (Arbeit) vermittelst der Elektricität.

81. In der Fortpflanzung der Kraft, oder richtiger ausgedrückt, der mechanischen Arbeit auf eine grössere Entfernung vermittelst des elektrischen Stromes sind in der neuesten Zeit sowohl in theoretischer wie in praktischer Beziehung erhebliche Fortschritte gemacht worden. Wir haben das Princip dieser Uebertragung der Arbeit von einem Orte auf einen andern bereits in 56 auf S. 310 ausgesprochen. Durch irgend einen mechanischen Motor von einigen Pferdekräften wird eine dynamo- oder magneto-elektrische Maschine in Thätigkeit gesetzt und dadurch ein elektrischer Strom

von grosser Intensität erzeugt. Dieser Strom wird durch Leitungsdrähte zu dem entfernten Orte geführt und hier dazu verwandt, um auf die bekannte Weise eine gleiche oder ähnliche dynamo- oder magneto-elektrische Maschine in Rotation zu versetzen und die Arbeit dieser letzteren Maschine zu irgend einem beabsichtigten Zwecke nutzbar zu verwenden.

In allen Fällen haben wir es hier mit drei verschiedenen Maschinen zu thun.

1. Die Anfangsmaschine ist irgend ein Krafterzeuger oder mechanischer Motor (eine Dampfmaschine, Gaskraftmaschine, Heissluftmaschine, Wasserkraft mit Wasserrad oder Turbine u. s. w.) und liefert die Betriebskraft der ganzen Einrichtung; wir nennen sie daher zweckmässig die Betriebsmaschine oder den Anfangsmotor.

2. Die Zwischenmaschine ist eine dynamo- oder eine magneto-elektrische Maschine; sie setzt die Arbeit der Betriebsmaschine in Elektricität um und erzeugt den elektrischen Strom; wir nennen sie daher kurz den Stromerzeuger oder Stromgeber.

3. Die Endmaschine, ebenfalls eine Dynamo- oder eine Magnetomaschine, empfängt durch die Leitung den Strom des Stromerzeugers, wird durch denselben auf die bekannte Weise in Rotation versetzt und erzeugt, diesesmal durch Umsetzung von Elektricität in mechanische Arbeit, diejenige Kraft, welche für den beabsichtigten Zweck erforderlich ist. Wir nennen daher diese letzte Maschine den Elektromotor.

Es ist zur Zeit nicht möglich, eine gegebene Arbeit ganz in Elektricität umzuwandeln, und eben so wenig ist es möglich, die in einem gegebenen Strome wirksame Elektricität ganz in Arbeit umzusetzen. Immer entsteht ausser der Elektricität im ersten und der Arbeit im zweiten Falle noch eine grössere oder geringere Menge Wärme, welche für den beabsichtigten Zweck verloren geht und selbst störend wirken

kann; doch hat die Erfahrung bereits gelehrt, dass mit den gegenwärtigen Maschinen und Einrichtungen bei mässiger Umdrehungsgeschwindigkeit von der durch die Betriebsmaschine gelieferten Arbeit selbst bei längeren Leitungen wenigstens 50 Procent wiedergewonnen werden können. Bei einer grösseren Rotationsgeschwindigkeit steigt die übertragbare Nutzarbeit auf 60 % und nach den Versuchen von Dr. *W. Siemens* darf man darauf rechnen, dass bei zweckmässiger Construction der elektrischen Maschinen und bei einer grossen Tourenzahl durch dieselben eine Kraftübertragung von 70 % und mehr erzielt werden kann.

Sehen wir von dem mechanischen Anfangsmotor ab, so haben wir es bei der Uebertragung der Kraft nur noch mit den beiden elektrischen Maschinen und mit der dieselben verbindenden Leitung zu thun. Wenn diese Maschinen magneto-elektrische Maschinen sind und wenn eine derselben, der Stromgeber, bei geschlossener Leitung ohne Einschaltung der anderen Maschine in Drehung versetzt wird, so erzeugt sie dadurch, dass die Drähte der Inductorrollen oder des Ringes *(Gramme)* oder der Trommel *(v. Hefner)* mit einer gewissen Geschwindigkeit die Kraftlinien der magnetischen Felder durchschneiden, einen Strom, dessen Intensität der Stärke des Magnetismus und der Geschwindigkeit der Drähte oder der Rotation proportional ist. Anders gestaltet sich die Sache, wenn die Maschinen Dynamomaschinen sind. In diesem Falle ist der stromerzeugende Magnetismus der feststehenden Elektromagnete bei den aufeinanderfolgenden Durchgängen der Drähte durch die magnetischen Felder nicht constant, sondern von der bereits vorhandenen Stromstärke abhängig, und er wächst innerhalb gewisser Gränzen proportional zur Stromstärke. Die Arbeitskraft,*) welche

*) Dr. *Siemens,* Die Elektricität im Dienste des Lebens, Elektrotechnische Zeitschrift, I. S. 16, und *Carl,* Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre, I. S. 343.

erforderlich ist, um die vom Strome durchlaufenen Umwindungsdrähte des rotirenden Eisenringes oder der rotirenden Trommel durch das magnetische Feld hindurchzutreiben, ist also proportional einmal der Stromstärke in den Drähten, zweitens der Stärke des Magnetismus, welcher selbst wieder in gewissen Gränzen proportional der Stromstärke ist, drittens proportional zu der Geschwindigkeit der Rotation. Da nun auch die Stromstärke dieser Geschwindigkeit als ihrer erzeugenden Ursache proportional ist, so muss die zur Drehung der Maschine verwendete Arbeit im Verhältnisse zur dritten Potenz der Rotationsgeschwindigkeit stehen.

Leitet man nun den so erzeugten Strom der Dynamomaschine *A* in eine gleiche oder ähnliche Maschine *B*, so wird diese als elektromagnetische Maschine in Rotation versetzt und erzeugt Arbeit, gleichzeitig aber auch eben in Folge dieser Rotation, d. h. des Durchganges ihrer Drahtwindungen durch das magnetische Feld, einen Inductionsstrom, der dem von dem erstern Stromgeber erzeugten Dynamostrome entgegengesetzt ist und daher diesen Strom schwächt. Wenn diese zweite, Arbeit erzeugende Maschine *B* (der Elektromotor) von gleicher Construction ist wie der Stromgeber *A*, so ist der in ihr erzeugte Gegenstrom ebenfalls dem Quadrate ihrer Rotationsgeschwindigkeit proportional, und das Endresultat ist mithin eine in der Leitung und in den beiden Maschinen thätige Stromstärke, welche dem Quadrate der Geschwindigkeits-Differenz beider Maschinen proportional ist. Sind c und c' diese Geschwindigkeiten der beiden entgegengesetzt rotirenden Maschinen *A* und *B*, so ist die herrschende Stromstärke proportional zu $(c-c')^2$.

Lässt man den starken Strom eines Dynamo-Stromgebers *A* auf eine leer laufende ähnliche Maschine *B*, z. B. auf eine *v. Hefner*'sche Magnetmaschine (Fig. 64, S. 154) einwirken, so geräth diese sofort in eine schnelle Rotation, die sich rasch vergrössert, da die Maschine keinen Widerstand

zu überwinden hat. Der auftretende Gegenstrom schwillt rasch zu einer bedeutenden Stärke an und schwächt, da er die ganze Leitung, also auch die Umwindungsdrähte der Elektromagnete des Stromgebers durchläuft, den Magnetismus dieser letzteren und daher auch den Dynamostrom selbst immer mehr, bis nach wenigen Secunden die Stärke des Gegenstromes der arbeitgebenden Maschine *B* dem Dynamostrome des Stromgebers *A* gleich wird. Die Stromstärke ist dann im ganzen Leitungskreise und ebenso der Magnetismus in der Dynamomaschine gleich Null; die beiden Maschinen würden nun still stehen, wenn nicht die Betriebsmaschine fortführe, die Dynamomaschine *A* zu drehen und das Beharrungsvermögen der rotirenden Drähte des Elektromotors *B* nicht noch eine kurze Zeit ihre Rotation unterhielte. Aber eben hierdurch fährt diese letztere Maschine noch fort, ihren Gegenstrom zu erzeugen, und da dieser die Umwindungsdrähte der Elektromagnete in dem Stromgeber *A* durchläuft, welche in diesem Augenblicke unmagnetisch sind, so nehmen die Pole unter der Einwirkung des Gegenstromes einen entgegengesetzten Magnetismus an; die Pole werden daher in der Dynamomaschine umgekehrt, und da ihre Drahtsysteme durch die Betriebsmaschine in beständiger Rotation erhalten werden, so erzeugen jetzt die entgegengesetzten Polaritäten ihrer Elektromagnete einen entgegengesetzten Dynamostrom in der ganzen Leitung. Der Elektromotor *B* kommt alsbald zum Stillstand und beginnt dann eine Rotation im entgegengesetzten Sinne. Nun wiederholt sich das Spiel in rascher Folge, und obgleich die Betriebsmaschine fortfährt, stets in gleichem Sinne die Drahtrollen des dynamo-elektrischen Stromgebers zu drehen, kehrt doch der Elektromotor in sehr kurzen Intervallen unausgesetzt seine Rotation um.

Man sieht bald ein, dass dieses Umkehren der Drehungsrichtung in dem leer laufenden Elektromotor *B* aufhören

muss, wenn man den von ihm erzeugten Gegenstrom nicht in voller Stärke auftreten lässt und ihn unter der Gränze hält, bei welcher er dem Dynamostrom gleich wird, d. h., wenn man die Rotationsgeschwindigkeit des Elektromotors mässigt, also dieser Maschine einen Widerstand entgegensetzt oder sie arbeiten lässt.

Siemens hat aus den vorhin angeführten theoretischen Betrachtungen gefunden, dass die Frage, der wievielte Theil der von dem Stromgeber verwandten Arbeit bei der Kraftübertragung von dem Elektromotor wiedergewonnen werden kann, sich im Allgemeinen nur dahin beantworten lässt, dass der Kraftverlust um so geringer wird, je schneller die Maschinen sich drehen, und dass im Uebrigen manche Umstände, in erster Linie die Construction der Maschine selbst, sodann die Reibung der Schleiffedern an den Leitstrahlen der Achse, die Lage dieser federnden Contacte mit Bezug auf die magnetische Achse der Elektromagnete u. A. auf den Verlust an Arbeit von grossem Einflusse sind.

Nach dem Gesetze von *Joule* (41) ist die Wärme, in welche sich der elektrische Strom in einem Leiter umsetzt, zu dem Quadrate der Stromstärke und zu dem Widerstande des Leiters proportional. Handelt es sich daher um die Fortpflanzung von sehr grossen Arbeiten, z. B. von 1000 Pferdekräften und mehr auf grosse Entfernungen, so wird man es im Allgemeinen mit Strömen von ausserordentlicher Stärke zu thun haben, welche in dem den Strom leitenden Kabel von gewöhnlicher Dicke eine beträchtliche Menge Wärme erzeugen, die als Arbeitsverlust anzusehen ist. Um den Widerstand dieses Kabels und damit die Wärme zu vermindern, muss man für dasselbe ein sehr gut leitendes Material, also Kupfer, wählen und demselben einen verhältnissmässig grossen Querschnitt geben. Hieraus folgt, dass man bei der Fortpflanzung der Kraft Anordnungen treffen muss, dass trotz der grossen Arbeit, welche zu übertragen

ist, die Stromstärke im Kabel und in den Maschinen in den richtigen Gränzen bleibe und damit ein Uebermaass von Wärme verhütet werde.

82. Um den Elektromotor unter den günstigsten Bedingungen arbeiten zu lassen, muss nach Dr. *C. William Siemens* der Widerstand in der Maschine selbst im Allgemeinen sich nach der Natur der zu verrichtenden Arbeit richten, aber für quantitative Wirkung eine Widerstands-Einheit (1. S. E.) nicht viel überschreiten. Ist der Widerstand grösser, so wird ein erheblicher Theil der Arbeit in den Drähten in Wärme umgesetzt und geht als Arbeit verloren. Der Widerstand ausserhalb der stromgebenden Maschine, für welche man den innern Widerstand ebenfalls als eine Einheit annehmen kann, besteht aus dem Widerstande des die beiden Maschinen verbindenden Kabels und dem des Elektromotors. Nach einem andern Gesetze soll aber der äussere Widerstand des Stromgebers etwas, aber nicht viel grösser sein, als der innere Widerstand desselben; nehmen wir ihn zu $1^1/_2$ Einheiten an, so kommt auf das Kabel bloss ein Widerstand von $^1/_2$ Einheit, wonach sich für die einzelnen Entfernungen der beiden Maschinen von einander die Dimensionen des Kabels leicht bestimmen lassen. Nach der Berechnung von *William Siemens* würde bei einer Entfernung von einer halben englischen Meile (0,8 km) ein 0,23 engl. Zoll (ca. 6 mm) starker Kupferdraht den verlangten Widerstand von $^1/_2$ Einheit besitzen. Wird die Entfernung verdoppelt, so wird der Widerstand des Kabels zweimal so gross und man muss, um den Widerstand wieder auf das frühere Maass von $^1/_2$ Einheit zu bringen, den Querschnitt des Kabels verdoppeln. Die Verdoppelung der Länge und zugleich des Querschnittes vergrössert aber das Gewicht des Kabels im quadratischen Verhältnisse zu seiner Länge, so dass beispielsweise ein Kabel von 30 englischen Meilen Länge ein 60^2 oder 3600 mal so grosses Gewicht haben muss, als ein Kabel

von 1/2 Meile mit dem vortheilhaftesten Widerstande von 1/2 Einheit. Hierbei ist aber nicht zu übersehen, dass bei diesem Widerstande im Kabel die Stromstärke selbst nicht begränzt ist und in einem und demselben Stromkreise je nach der Stromstärke 100 oder 1000 Maschinen betrieben werden können. Die Stromstärke selbst kommt dabei nur in so weit in Betracht, als die durch den Strom erzeugte Wärme porportional zu dem Quadrate dieser Stromstärke steht und abgeleitet werden muss, wenn sie sich nicht in gefahrdrohender Weise im Kabel ansammeln soll. *W. Thomson* schlägt daher vor, statt eines massiven Leitungsdrahtes von Kupfer aus dem dazu erforderlichen Metall eine kupferne Röhre anzufertigen und beständig einen Strom kalten Wassers durch dieselbe fliessen zu lassen, welches an gewissen Stellen in die Röhre ein- und an anderen Stellen wieder ausgelassen werde. Der Umstand, dass bei der Fortpflanzung von sehr bedeutenden Arbeitskräften, z. B. von 1000 Pferdekräften, ganz enorme Strom-Intensitäten in dem Stromgeber erzeugt und durch den Leitungsdraht in die Ferne fortgepflanzt werden, folglich auch eine starke Wärme-Entwickelung in dem Drahte unvermeidlich ist, führt zu der Ueberlegung, ob es denn nicht möglich ist, durch geeignete Combinationen bedeutende Mengen Elektricität in die Ferne fortzuleiten, ohne die Stromstärke selbst in dem leitenden Kabel erheblich zu erhöhen.

Thomson und *Houston**) haben sich mit dieser Frage eingehend beschäftigt und sind zu dem Resultate gekommen, dass die gesammte Kraft der Niagara-Fälle sich auf eine Entfernung von 500 (englischen) Meilen und mehr durch ein kupfernes Kabel übertragen lasse, welches nicht dicker zu

---

*) *P. Higgs,* Electric Transmission of Power. London, *E. & F. N. Spon,* 1879.

sein braucht als 1/2 Zoll engl.; sie begründen diese Behauptung durch folgende Betrachtung.

Wir nehmen zuerst an, dass die beiden elektrischen Maschinen, nämlich der Stromgeber A und der Elektromotor B, durch einen Leitungsdraht von einer Meile Länge mit einander verbunden sind. Die elektromotorische Kraft für den durch die Leitung fliessenden Strom, welcher, wie früher entwickelt worden ist, die Differenz ist zwischen den beiden aus A und B einander entgegenfliessenden Strömen, sei gleich Eins; der Widerstand der Drahtwindungen in A und B zusammen sei = 1, und der Widerstand von einer Meile Kabel einschliesslich des Widerstandes der Verbindungen mit den Maschinen und der Erde sei = 0,01. Es ist dann die im Kabel vorhandene Stromstärke S nach dem *Ohm*'schen Gesetze

$$S = \frac{1}{1 + 0{,}01} = \frac{1}{1{,}01}. \quad \text{(I.)}$$

Schaltet man nun in den Stromkeis einen zweiten Stromgeber $A_,$ und einen zweiten Elektromotor $B_,$, so wie in der Verlängerung der Leitung noch eine zweite Meile Kabel ein, so wird dadurch sowohl die elektromotorische Kraft als auch der Widerstand verdoppelt, die Stromstärke bleibt daher ungeändert. Bezeichnet man dieselbe mit $S_,$, so ist nun

$$S_, = \frac{1 + 1}{1{,}01 + 1{,}01} = \frac{2}{2{,}02} = \frac{1}{1{,}01}. \quad \text{(II.)}$$

Durch das Hinzufügen der beiden Maschinen $A_,$ und $B_,$ wird es also möglich, die Länge des Kabels zu verdoppeln, ohne die Stromstärke zu ändern, denn es ist $S = S_,$. Wir haben in diesem Falle die doppelte Umsetzung von Arbeit in Elektricität auf der einen Station und eine doppelte Wiedergewinnung von Arbeit auf der entfernten Station, mit anderen Worten, die Fortpflanzung einer doppelten Menge von Kraft ohne Vergrösserung der Stromstärke im Kabel.

Wir wollen nun die Anzahl der Stromgeber bei A und ebenso der Elektromotoren bei B bis auf 1000 vermehren;

die Entfernung zwischen den beiden Stationen soll ebenfalls 1000 mal so gross, also das Kabel mit Bezug auf den ersten Fall unter Beibehaltung des Querschnittes 1000 Meilen lang werden, so wird die Stromstärke im Kabel immer noch dieselbe sein, wie in den vorigen beiden Fällen, nämlich $\frac{1000}{1000 + 10} = \frac{100}{101} = \frac{1}{1{,}01}$. Wir haben dann an dem einen Ende des Kabels eine tausendfache Umwandlung von Kraft in Elektricität, und am andern Ende desselben eine tausendfache Arbeitsleistung durch diese Elektricität, ohne die Stromstärke irgendwie zu vergrössern.

Da die elektromotorische Kraft in demselben Verhältnisse wie die Grösse der übertragenen Kraft wächst, so muss auch die Isolation des Kabels und der elektrischen Maschinen in dem gleichen Verhältnisse erhöht werden, was ohne Zweifel in der Praxis seine grossen Schwierigkeiten haben wird.

Gesetzt nun, die Dynamomaschine A habe einen innern Widerstand von 40 Einheiten (*Siemens-E.* oder *Ohms*), die elektromotorische Kraft sei 400 Volts, der Widerstand des Elektromotors B sei 60 Einheiten und des eine Meile langen Kabels sei 1 Einheit, so ist die Stromstärke

$$S = \frac{400}{40 + 1 + 60} = \frac{400}{101}.$$

Wenn man jedoch 1000 Stromgeber A und 1000 Elektromotoren B und 1000 Meilen Kabel von der vorigen Beschaffenheit anwendet, so wird nun die Stromstärke sein

$$S_{\prime} = \frac{1000 \times 400}{1000 \times 101} = \frac{400}{101}.$$

Die 1000fache Umsetzung und Wiedergewinnung der Kraft oder die Uebertragung der 1000fachen Kraft geschieht also bei derselben Stromstärke im Kabel wie in dem Falle, dass die Einheit der Kraft fortgepflanzt werde.

Ein Stromgeber der vorgedachten Art wird bei geeigneter

Construction des Elektromotors erfahrungsmässig eine Betriebsmaschine von 3 bis 5 Pferdekräften erfordern; um also 1000 Maschinen dieser Art in Betrieb zu setzen, werden Naturkräfte oder Arbeitsmaschinen von 3000 bis 5000 Pferdekräften erforderlich sein, welche sich in Elektricität umsetzen und in der Entfernung von 1000 Meilen eine Arbeitsleistung von 50 %, d. h. von 1500 bis 2500 Pferdekräften geben.

Es lässt sich leicht berechnen, welchen Durchmesser ein kupfernes Kabel von 1000 Meilen haben muss, um bei dem angenommenen Widerstande von 1 Einheit pro Meile den oben genannten Strom fortzuleiten; die Rechnung ergibt ungefähr 1/4 Zoll engl. Beträgt jedoch die Entfernung der beiden Stationen nur 500 Meilen, so kann der Widerstand pro Meile verdoppelt, also der Querschnitt auf die Hälfte reducirt werden; der Durchmesser des Kabels beträgt dann nicht ganz 1/5 Zoll. Für die Kraftübertragung von 1 Million Pferdekräften ergibt die Rechnung, dass unter den oben angenommenen Voraussetzungen der Durchmesser des dazu erforderlichen Kupferkabels etwa 3 Zoll betragen muss.

Hiernach scheint es, dass die Befürchtungen, es werde die Fortpflanzung von Arbeitskräften auf grössere Entfernungen wegen der Dicke und der Kosten des dazu erforderlichen kupfernen Kabels in engen Gränzen bleiben, nicht begründet zu sein, da die Möglichkeit vorliegt, bei geeigneter Combination der Maschinen und des Kabels selbst ganz aussergewöhnlich grosse Arbeitskräfte, wie sie in der Natur durch zahlreiche Wasserfälle, durch Ebbe und Fluth u. s. w. gegeben sind, mittels sehr mässiger Maschinen und Kabel von verhältnissmässig geringer Dicke mit erträglichem Verluste auf sehr grosse Entfernungen zu übertragen.

83. Eine der ersten praktischen Anwendungen, die Kraft einer Maschine auf elektrischem Wege in die Entfernung zu übertragen, machte im Jahre 1878 der Ingenieur *Cadiat* in

Paris (Boulevard Richard Lenoir).*) Am Ende des Fabrikgebäudes befand sich eine Werkstätte für galvanische Verkupferung, in welcher eine *Gramme*'sche Maschine mittels einer Locomobile in Betrieb gesetzt wurde. In einem andern Theile des Terrains befand sich eine mechanische Werkstätte, die mittels einer achtpferdigen Dampfmaschine betrieben wurde. Diese beiden 150 m von einander entfernten Ateliers wurden durch zwei Kupferdrähte, die über den Hof weg wie Telegraphendrähte auf Isolatoren geführt wurden, mit einander verbunden. Auf jeder Station war eine *Gramme*'sche Maschine in dieser Leitung eingeschaltet, von denen die neben der achtpferdigen Dampfmaschine aufgestellte und von ihr getriebene Maschine als Stromgeber diente, die andere aber als Elektromotor an die Stelle der Locomobile trat, um die galvanoplastische Maschine in Gang zu halten. Ein Wärter für die Locomobile wurde dadurch überflüssig und die ganze Einrichtung bewährte sich in jeder Beziehung.

Eine weitere Anwendung von der elektrischen Kraftübertragung machten *Chrétien & Felix* in der Zuckerfabrik zu Sermaize (Departement der Marne). Der grösste Theil der in dieser Fabrik verarbeiteten Zuckerrüben wurde durch Schiffe auf dem Marne-Rhein-Canal zugeführt. Diese Schiffe wurden im Hafen von Sermaize, der in gerader Linie nur 100 m von der Fabrik entfernt ist, ausgeladen. Die Fabriklocale wurden seit vier Jahren während der Arbeitsperiode durch elektrisches Licht erleuchtet und es wurde dann die Einrichtung getroffen, die *Gramme*'sche Lichtmaschine bei Tage zum Ausladen der Schiffe, zur Nachtzeit aber zur Beleuchtung der Fabrikräume zu benutzen. *Chrétien* liess zu diesem Zwecke eine den Baggermaschinen ähnliche Vorrichtung herstellen. Eine mit Schaufeln versehene Kette ohne Ende läuft in beständiger Bewegung um eine Scheibe;

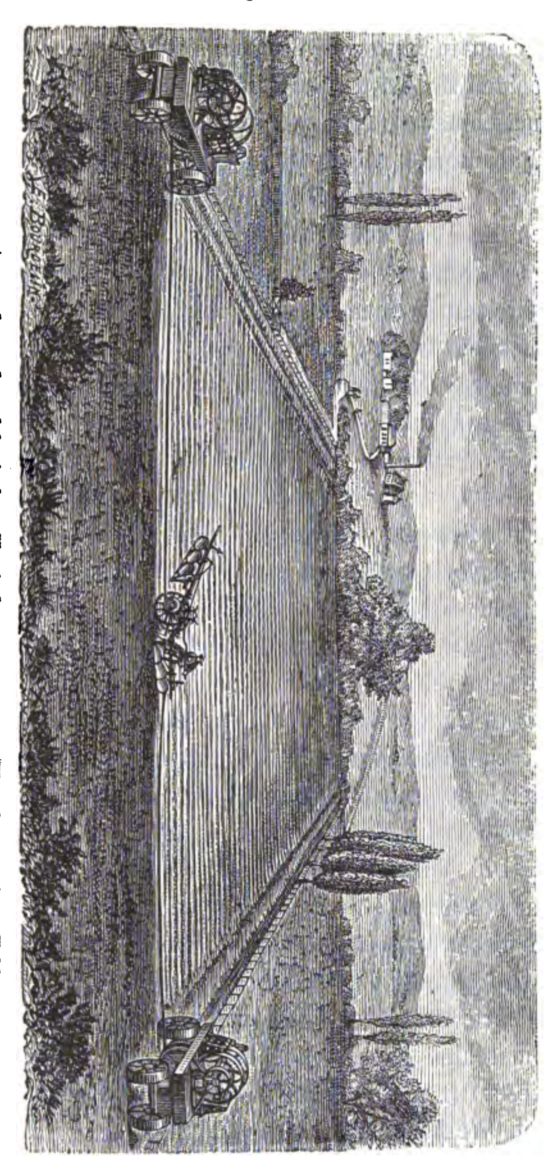
*) *Carl,* Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre, I, S. 287.

sie steigt in das Innere des Schiffes hinab, geht in einer schiefen Ebene auf den Quai hinauf und auf der anderen Seite der Scheibe in entgegengesetzter Richtung wieder zum Schiffe hinab. Die Schaufeln werden in dem Moment, wo sie durch das Schiff gehen, ohne in ihrer Bewegung einzuhalten, von Arbeitern mit Rüben angefüllt. Im höchsten Puncte ihres Weges werden die Schaufeln umgekehrt, die Rüben fallen in eine Rinne und von hier in einen Wagen, der sie zur Fabrik bringt. Diese Hebemaschine (Elevator) wird durch einen *Gramme*'schen Elektromotor in Bewegung gesetzt; letzterer steht durch zwei Kupferdrähte von 3mm Dicke und etwa 100m Länge mit einer zweiten *Gramme*'schen Maschine, dem Stromgeber, in Verbindung, der seine Bewegung von der Dampfmaschine der Fabrik erhält.

Mit dieser Einrichtung wurden während der Arbeitsperiode 1878—1879 400 Tonnen Rüben ausgeladen, und es wurde beabsichtigt, für die folgende Campagne neue kräftigere elektrische Maschinen aufzustellen, um damit 2000 Tonnen ausladen zu können.

Durch solche Erfolge ermuthigt haben *Chrétien & Felix* die Kraftübertragung zum Betriebe von Pflug-Haspeln anzuwenden versucht, um mittels derselben ein Feld in der Nähe der Fabrik von Sermaize umzupflügen. Die ganze Einrichtung ist aus der Figur 113 leicht zu verstehen. Zur Rechten und Linken des zu bearbeitenden Feldes sind auf vierrädrigen Wagen montirte Dynamomaschinen aufgestellt, welche als Haspel wirken und auf eine Trommel ein Drahtseil aufrollen, an welchem ein Pflug mit vier Scharen befestigt ist. Von diesen Scharen sind immer nur zwei gleichzeitig in Thätigkeit; die beiden anderen stehen dann leer in der Luft. In der Figur ist der linke Haspel in Thätigkeit; der Pflug geht von rechts nach links und die rechts liegenden Scharen ziehen ihre Furchen. Ist der Pflug bei dem linken Haspel angekommen, so legt man seine Scharen nach der

Fig. 113.



Anwendung der elektrischen Kraftübertragung zum Umpflügen eines Feldes.

anderen Seite um; man setzt dann den rechten Haspel in Bewegung, der Pflug geht von links nach rechts und zieht neue Furchen in entgegengesetzter Richtung.

Die beiden Haspel werden durch die auf ihnen befestigten Dynamomaschinen bewegt, welche den Strom von zwei anderen in der Fabrik fest aufgestellten ähnlichen Maschinen (den Stromgebern) erhalten. Mittels eines Commutators kann man nach Belieben den rechten oder den linken Haspel in Drehung versetzen. Die vierrädrigen Wagen, welche die Haspel tragen, können überdies in gleicher Weise bewegt werden; es ist hierzu nur erforderlich, zwei Räder einzurücken, um die Bewegung der Dynamomaschinen nicht mehr auf die Haspel, sondern auf die Radachsen der Wagen zu übertragen, die Räder zu drehen und die Wagen von der Stelle zu bringen. In dieser Weise werden die Wagen nicht bloss nach jedem Gange des Pflugs verstellt, um neue Furchen neben den vorhergehenden zu ziehen, sondern auch am Morgen, um dieselben auf das Feld zu bringen, und des Abends, um sie unter ein Schutzdach zu ziehen.

In der durch Wasserkraft betriebenen chemischen Fabrik von *Shaw* in Greenwich liefert ein benachbarter Wasserfall die Kraft zum Betriebe einer Kreissäge, einer Drehbank und einer Verticalbohrmaschine. Zwei *Siemens*'sche Dynamomaschinen und eine Turbine dienen zum Betriebe der ganzen Fabrik. Die Turbine wird durch den Wasserfall und die eine Dynamomaschine durch die Turbine in Bewegung gesetzt. Der von dieser Dynamomaschine (dem Stromgeber) erzeugte Strom wird durch zwei Kupferdrähte zu der 150 Yards (137 m) entfernten, im Fabrikraume befindlichen zweiten Dynamomaschine (dem Elektromotor) geleitet, und hier die Kraft dieser letzteren Maschine durch Riemen auf die oben genannten Werkzeugmaschinen übertragen.

Eine interessante Anwendung der Kraftübertragung durch Elektricität war auf der vorigjährigen Gewerbe-Ausstellung

zu Berlin zu sehen.*) Dr. *W. Siemens* hatte daselbst eine elektrische Eisenbahn in Betrieb, welche aus einer 300 m langen, in sich selbst geschlossenen schmalspurigen Schienenbahn bestand und die im Laufe des Sommers über 100 000 Personen beförderte. Auf dieser Bahn circulirte eine kleine elektrische Locomotive mit drei angehängten Personenwagen in einer Geschwindigkeit von 3 bis 4 m. Die Laufschienen der Bahn bildeten die eine Leitung zu der im Maschinenraume der Ausstellung stehenden Dynamomaschine grösserer Sorte, während eine zwischen diesen Schienen angebrachte und möglichst von ihnen isolirte Mittelschiene das Ende der anderen Leitung bildete. Die Locomotive oder der Elektromotor war im Wesentlichen dem im Maschinenraume stehenden festen dynamo-elektrischen Stromgeber gleich; ein Drahtende des rotirenden Drahtsystems stand durch die Räder der Locomotive mit den Laufschienen und dadurch mit dem einen Pole des Stromgebers in leitender Verbindung, während das andere Ende dieses Drahtsystems durch schleifende Contactbürsten beständig mit der isolirten Mittelschiene und dadurch mit dem andern Pole des Stromgebers communicirte. Wenn der Stromkreis geschlossen und der Stromgeber mit etwa 600 bis 700 Umdrehungen pro Minute continuirlich gedreht wurde, so setzte sich die Locomotive mit grosser Kraft in Bewegung und durchlief mit constanter Geschwindigkeit die Bahn. Die Locomotive zog an ihrem Zughaken mit etwa 200 kg, wenn die Wagen festgehalten wurden, und mit 70 bis 80 kg während der Fahrt bei 3 m Geschwindigkeit, was etwa einer Arbeitsleistung von drei effectiven Pferdekräften entspricht. Auffallend war hierbei, dass diese Geschwindigkeit sich nur wenig änderte, wenn anstatt der gewöhnlichen Belastung der Personenwagen (mit 18 Personen) eine doppelte und selbst dreifache Belastung

*) Elektrotechnische Zeitschrift, I, S. 22 und 53.

eintrat, und dass die Kraft des ersten Anziehens eine sehr bedeutende war, doch hat *Siemens* nachgewiesen, dass dieses eine Eigenthümlichkeit der elektrischen Kraftübertragungen überhaupt ist.

Die durchaus gelungenen Versuche mit der elektrischen Eisenbahn haben überzeugend nachgewiesen, dass die Elektricität mit Vortheil zur Beförderung von Lasten auf Schienen benutzt werden kann, und haben denselben genialen Erfinder der dynamo-elektrischen Maschine ermuthigt, aussichtsvolle Entwürfe zur Herstellung von elektrischen Hochbahnen nach Art der americanischen Elevated Railroads oder Säulenbahnen in sehr verkehrreichen Städten, sowie einer elektrischen Post als Ersatz oder Ergänzung der pneumatischen Rohrpost auszuarbeiten.

Die elektrischen Hochbahnen sollen in sehr bevölkerten Städten, auf Säulen erbaut, ein neues Communicationsnetz für einen schnellen Personen- und Güterverkehr herstellen, welches den Strassenverkehr nicht hindert und nicht durch ihn gehindert wird. Wenn man gegenwärtig in New-York und in anderen Städten solche erhöhte Schienenbahnen mit den schweren Dampflocomotiven befährt, ohne dass Unglücksfälle dabei vorkommen, so dürfte der Betrieb solcher Bahnen mit den viel leichteren Dynamomaschinen weit einfacher sich gestalten und eine noch grössere Sicherheit gewähren.

Die elektrische Post soll einen schnellen Briefverkehr für grosse Entfernungen ermöglichen, wie ihn die Rohrpost gegenwärtig für kleine Entfernungen innerhalb des Gebietes einer Stadt vermittelt. Eine solche Post würde aus einer schmalspurigen verdeckten Schienenbahn bestehen, die auf oder neben einem Eisenbahndamm herläuft und auf welcher kleine leichte vierrädrige mit Briefen angefüllte Wagen mit etwa 3 cm hohen Rädern laufen. Das eine Schienengeleise ist von der Erde isolirt, das andere steht durch die Tragsäulen mit der Erde in Verbindung; die Achsen der Wagen-

räder bestehen aus zwei von einander isolirten Theilen, von denen der eine Theil die Drehungsachse einer kleinen *Siemens*'schen Dynamomaschine bildet, so dass jeder Umdrehung des rotirenden Cylinders eine Umdrehung der Wagenräder entspricht. Wird daher ein stehender dynamoelektrischer Stromgeber an irgend einer Stelle der Bahn zwischen die beiden Schienen eingeschaltet, so bildet die eine Schiene und die darauf befestigte metallische Bahnbedeckung die eine isolirte Leitung, während die Erde vermittelst der eisernen Tragsäulen und der zweiten Schiene die Rückleitung bildet. Die leitende Verbindung dieser Schienen mit den Umwindungsdrähten des Wagens (des Elektromotors) wird durch die Räder und die beiden Theile der Radachse hergestellt. Es würde da genügen, alle 20km eine stehende Dynamomaschine als Stromgeber aufzustellen, damit die als Briefbehälter dienenden Wagen 800 bis 1000 Radumdrehungen machen und folglich mit Eisenbahngeschwindigkeit ihre Strecke durchlaufen. Sind die stehenden Dynamomaschinen erheblich stärker wie die Wagenmaschinen, so wird die Geschwindigkeit eines Wagens sich nicht merklich vermindern, wenn mehrere Wagen gleichzeitig auf derselben Bahn laufen, und es können dann Briefwagen in kurzen Zeitintervallen nach einander abgelassen werden.

Wir könnten diese Reihe der praktischen Anwendung der Kraftübertragung durch Elektricität noch durch mehrere Beispiele fortsetzen; allein das Gesagte wird genügen, um zu zeigen, dass diese Art der Anwendung der Dynamomaschine für die Zukunft sicher ein ebenso grosses, wenn nicht ein weit grösseres und wichtigeres Feld haben wird, als ihre Verwendung zur Erzeugung des elektrischen Lichtes. Sie ist ebenso geeignet, jede Art mechanischer Arbeit in elektrischen Strom umzusetzen und damit eine Fülle von Licht und Wärme zu erzeugen, als auch umgekehrt den elektrischen Strom in mechanische Arbeit umzuwandeln und

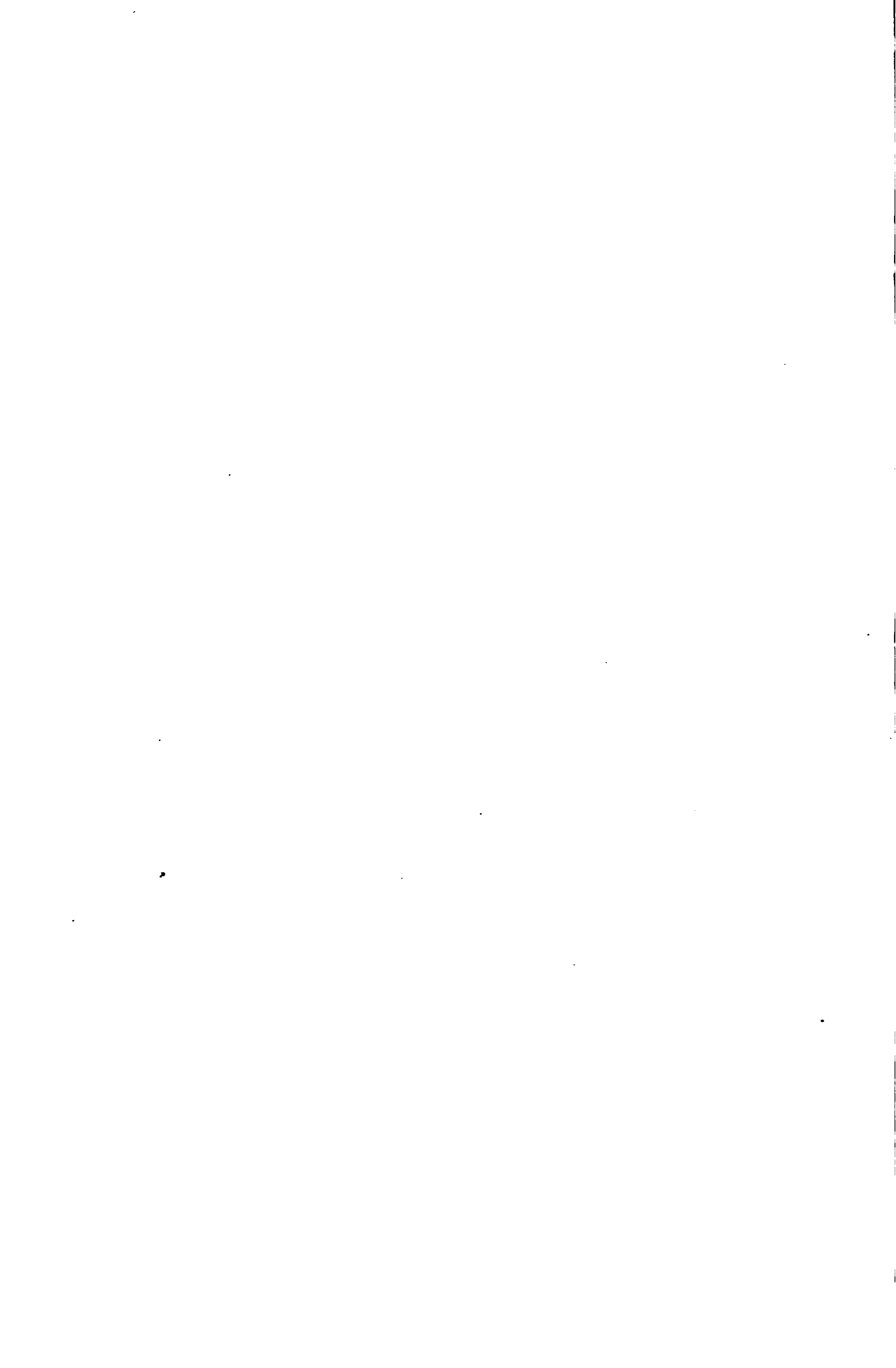
damit jede Art von Arbeitsmaschinen in Betrieb zu setzen. Die elektrische Kraftübertragung aber hat den grossen Vorzug vor der gewöhnlichen Uebertragung der Kraft durch Riemen, durch comprimirte Luft oder durch Wasserdruck, dass innerhalb nicht gar zu weiter Gränzen die Entfernung des Ausgangspunctes der Kraft von dem Puncte der Wiedergewinnung eine sehr viel grössere sein darf, als bei den erstgenannten Uebertragungsmitteln, wozu noch kommt, dass in dem diese Puncte verbindenden und die Kraft elektrisch übertragenden Leitungsdrahte sich kein Druck und keine die Leitung gefährdende Spannung äussert. Die Leitung selbst erscheint äusserlich kraft- und leblos; sie lässt sich biegen und wenden, während die fortzupflanzende Kraft in der Form eines elektrischen Stromes hindurchgeht.

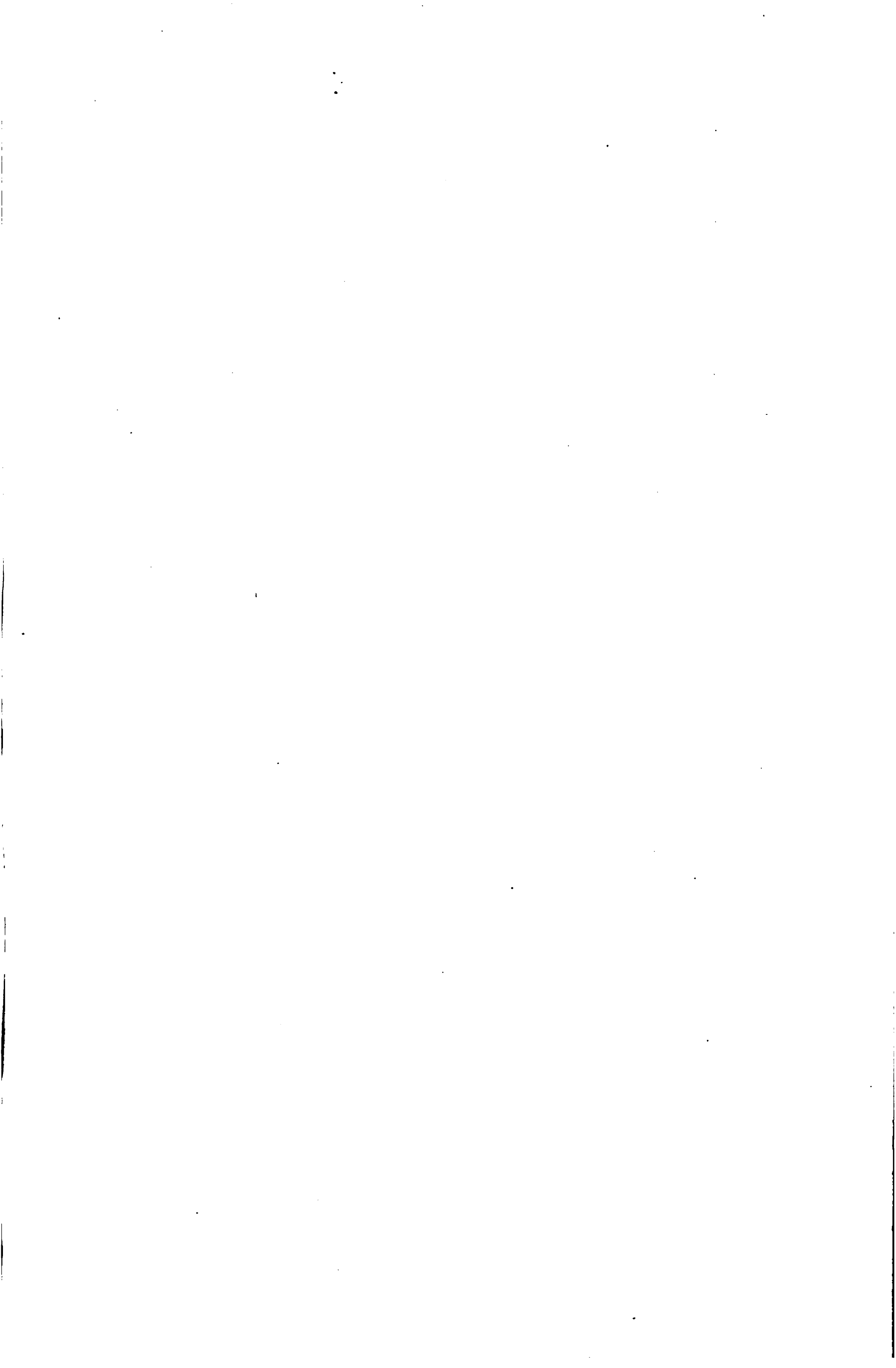
In allen Fällen, in denen es sich darum handelt, eine grössere Kraft in verticaler Richtung fortzupflanzen, wird für die Zukunft das Dynamomaschinen-System mit den anderen hierzu gebräuchlichen Mitteln in Concurrenz treten, namentlich dann, wenn diese Transmission durch das Innere von bewohnten oder von Arbeits-Räumen geschehen muss, denn die Leitung kann gleich einem Telegraphendrahte allen Winkeln des Gebäudes folgen und gegen alle äusseren nachtheiligen Einwirkungen leicht geschützt werden. Dadurch wird es möglich, die Kraft von jedem gegebenen Orte aus nach anderen entlegenen Oertlichkeiten hin zu verpflanzen, welche für Riemen oder Leitröhren unzugänglich sind. Wir denken hier in erster Linie an die Fortpflanzung der Kraft im Bergbau, im Grubenbetrieb und bei Tunnelarbeiten, und weiter an den Betrieb von kleinen Bahnen auf Arbeitsplätzen verschiedener Art, in unterirdischen Räumen, in der Tiefe von Schächten und Tunnels, wobei die Betriebsmaschinen und der Stromgeber über Tage stehen und die elektromotorischen Arbeitszüge in der Tiefe laufen.

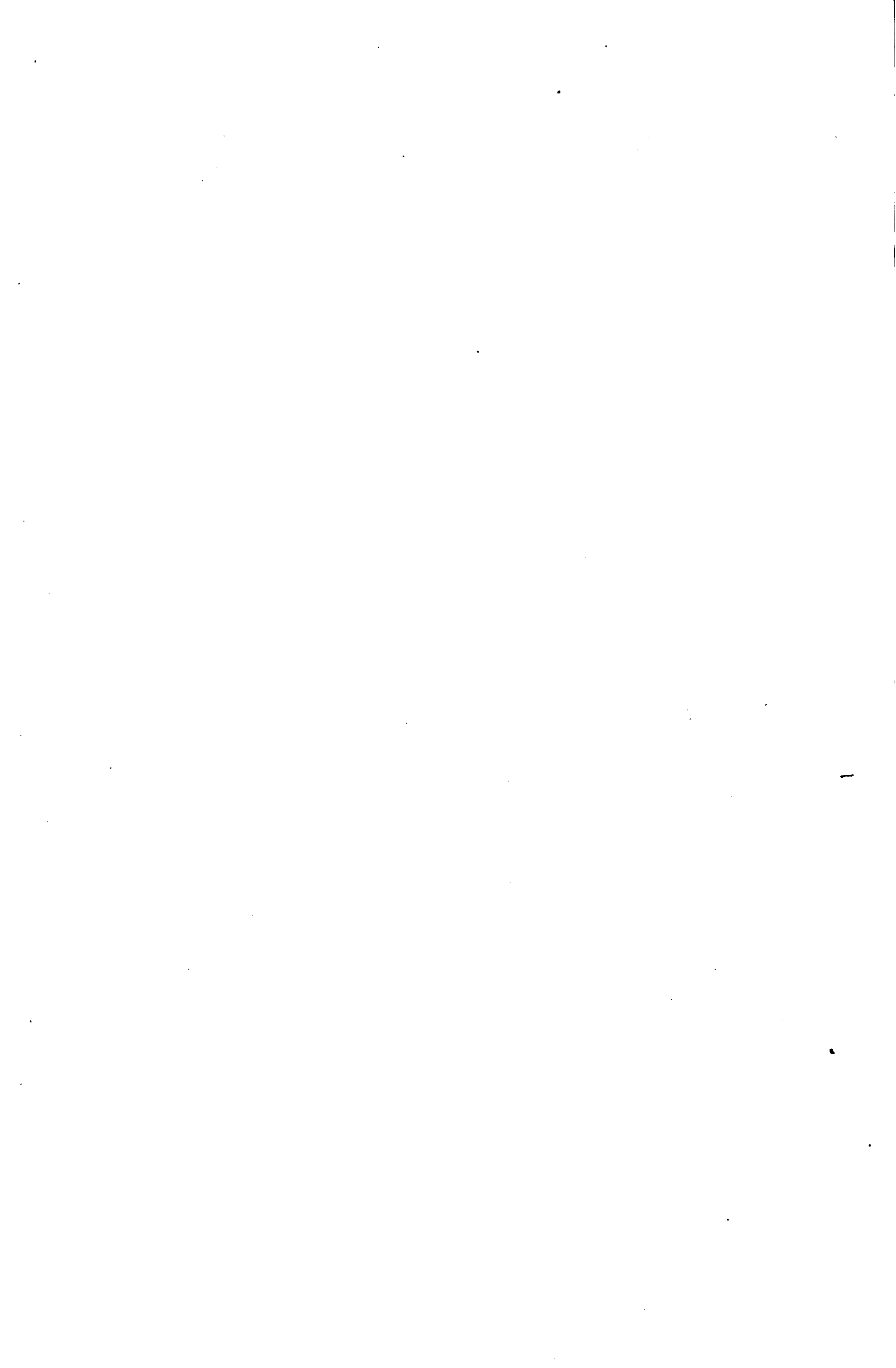
Es ist gewiss, dass zur höchsten Ausnutzung des von

dem Stromgeber erzeugten Arbeitsstromes der Elektromotor anders construirt werden muss als der elektrische Stromgeber selbst, und sowohl *Gramme* als *Siemens* sind damit beschäftigt, unter Verwerthung ihrer langjährigen Erfahrungen den Maschinen diejenigen Constructionen zu geben, welche zur Uebertragung der Arbeit am vortheilhaftesten sind; *Gramme* construirt in diesem Augenblicke vier solche Maschinen, welche die von einer Turbine hergegebene Arbeit von 36 Pferdekräften auf eine Entfernung von 5km übertragen sollen.

Damit soll nicht gesagt sein, dass für die Zukunft die Uebertragung der Kraft vorzugsweise der Elektricität angehören soll; die Elektricität, sagt *Siemens*, ist ganz bescheiden, sowohl bei der Beleuchtung als bei der Kraftübertragung; sie will nicht verdrängen und absetzen, sondern sie will nur diejenigen Gebiete an sich nehmen, die von den anderen vorhandenen bewährten Einrichtungen schlecht bedient werden. Wie das elektrische Licht nicht dazu berufen ist, überall an die Stelle des Petroleums und des Gaslichtes zu treten, so kann auch die elektrische Uebertragung der Kraft nicht unter allen Umständen als vortheilhaft bezeichnet werden. Wo aber die mechanische oder hydraulische Uebertragung nicht gut verwendbar ist, da wird man von nun an sich fragen, ob nicht die elektrische Uebertragung geeignet ist, die verlangte Arbeit mit Vortheil zu leisten.








JAN 12 1883
FEB 2 1889


Eng 4008.79.3
Die neusten fortschritte auf dem ge
Cabot Science 006530578
3 2044 091 970 954